



HAL
open science

Déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle dans le contexte de la géométrie dynamique tridimensionnelle

Joris Mithalal

► **To cite this version:**

Joris Mithalal. Déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle dans le contexte de la géométrie dynamique tridimensionnelle. Mathématiques [math]. Université de Grenoble, 2010. Français. NNT: . tel-00590941

HAL Id: tel-00590941

<https://theses.hal.science/tel-00590941>

Submitted on 6 May 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Thèse

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Grenoble

Spécialité : Mathématiques et Informatique

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée et soutenue publiquement par

Joris MITHALAL

le 9 décembre 2010

DÉCONSTRUCTION INSTRUMENTALE ET DÉCONSTRUCTION
DIMENSIONNELLE DANS LE CONTEXTE DE LA GÉOMÉTRIE DYNAMIQUE
TRIDIMENSIONNELLE

Thèse dirigée par Nicolas BALACHEFF et codirigée par Sophie SOURY-LAVERGNE

Jury

Alain	KUZNIAK	Professeur	(Rapporteur)
Rudolf	STRÄSSER	Professeur	(Rapporteur)
Raymond	DUVAL	Professeur émérite	(Examineur)
Abdelhamid	CHAACHOUA	Maître de conférence HDR	(Examineur)
Ana Paula	JAHN	Professeur Docteur	(Examineur)
Nicolas	BALACHEFF	DR. CNRS	(Directeur)
Sophie	SOURY-LAVERGNE	Maître de conférence	(Co-directeur)
Colette	LABORDE	Professeur émérite	(Examineur)

Thèse préparée au sein du Laboratoire d'Informatique de Grenoble, dans l'École Doctorale des Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information, Informatique

Remerciements

Je tiens à remercier en tout premier lieu mes directeurs de thèse, Nicolas Balacheff, Colette Laborde et Sophie Soury-Lavergne, à qui je dois mon entrée en didactique ainsi que des années de thèse merveilleuses, tant sur le plan personnel que du point de vue scientifique.

Chacun à votre façon, vous avez tous trois témoigné une immense confiance, bien plus que je ne me serais accordé. J'ai pu chercher par moi-même, quitte à me tromper, avec l'assurance constante de pouvoir compter sur votre bienveillance et votre rigueur intellectuelle. Du M2 aux derniers jours de la rédaction, vous avez réussi — j'ignore toujours comment — à laisser de côté les sueurs froides dont j'étais l'origine, à toujours m'encourager et à me faire avancer : je ne vous remercierai jamais assez pour cela.

Je souhaite ensuite remercier très chaleureusement Alain Kuzniak et Rudolf Sträßer, qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir rapporter sur cette thèse. Leurs lectures ont été particulièrement riches, et sans leur aide je ne doute pas que certains points de mon travail seraient demeurés relativement obscurs à mes yeux.

Raymond Duval, Abdelhamid Chaachoua et Ana Paula Jahn ont eu la gentillesse de participer à ce jury. Leur présence m'était chère, scientifiquement et personnellement, et je tiens à les remercier de leur lecture attentive, critique et bienveillante de ce texte.

La part expérimentale de l'ingénierie doit beaucoup à l'accueil, par ordre d'apparition, de Véronique Charlène (Lycée Épin, Vitry sur Seine), Claude Deladœuille (Lycée international, Grenoble) et Yvan Trinquet (Lycée d'Arsonval, Saint-Maur des Fossés). Tous trois ont consacré un temps d'enseignement précieux, ainsi que beaucoup d'énergie, pour des expérimentations dont le résultat n'avait rien d'évident.

Une attention spéciale pour Claude qui, en s'adossant à l'arrêt électrique d'urgence cinq minutes avant la fin d'une séance, remporte haut la main le prix de la plus belle farce de cette thèse.

Mes remerciements vont aussi à leurs élèves, qui ont accepté ma présence et les exercices que je leurs proposais. Un merci tout particulier à Da...

Poins... , qui a réussi le tour de force de chanter “*call on meee... on me!*” en boucle dans le micro du dictaphone pendant une heure — la transcription a été (plus) longue —, sans se faire remarquer.

Ces expérimentations n’auraient pas été possibles sans le concours de CABRILOG, qui a mis à disposition les licences de Cabri3D utilisées en classe. Mille mercis, et toutes mes excuses à J.M. Laborde pour les “captures d’écran moches” présentes dans le manuscrit. Publiquement, je tiens à assurer le lecteur que le logiciel est bien plus beau.

La recherche en général, et la thèse en particulier, sont des activités hautement dépendantes de l’environnement social. À ce titre, j’ai été particulièrement verni et tiens à remercier du fond du cœur les grenoblois que j’ai cotoyé.

Merci à Marie-Caroline, “nihiliste” avec laquelle parler didactique, cuisine, [...], est toujours un grand bonheur ; à Cédric, qui a pris soin de ma condition physique ; à Angela, ma maraine de DIAM ; à Zilora, qui m’a sauvé la vie trop de fois pour que je puisse toutes les citer ; à Annie, sans qui je n’aurais jamais assumé d’écrire une thèse devant Roland Garros ; aux membres des équipes DIAM et METAH avec qui j’ai eu beaucoup de plaisir à partager tous ces moments qui accompagnent la recherche, pauses, repas, cafés, séminaires (aussi)... Quand prendre le train tôt le matin était difficile, l’idée de vous trouver à la sortie mettait du baume au cœur !

Merci aussi à Lucile, qui ne m’a plus jamais fait les gros yeux depuis la soutenance de M2...

Je tiens encore à remercier tous ceux qui contribué à cette thèse.

Mes parents et leurs amis qui, aussi loin que remontent mes souvenirs, ont rendu familiers les mots “*psychologie de l’enfant*”.

Adrien, qui m’a pardonné de ne pas m’être tenu aussi éloigné de ces mots que nous nous l’étions juré.

Bulletin, qui n’a pas trop osé me dire qu’il ne comprenait pas trop ce que je faisais.

Les grenoblois, Hélène, Bouli, Marion, Frod, Manu, Emily, Fab, Nico, Mu, Matt, Mumu, Karim, Will, compagnons de grimpe et de nouvelle stars gastronomiques.

Jim, pour son merveilleux accueil, sa musique, son goût pour les discussions scientifiques — un sujet, scientifique ou non, mais toujours une bouteille de vin.

Caro et Anne-Cécile, qui ont su ne pas trop m’encourager à commencer une nouvelle recherche avant d’avoir fini la thèse.

La SNCF, qui m’a fourni un excellent environnement pour la rédaction.

Ceux que je n’ai pas la place de mentionner : sinon, les remerciements n’auraient jamais tenu dans la marge !

Merci enfin Hélène, de tout mon cœur, de m'avoir supporté — aux sens anglais et français du terme — tout au long de cette thèse. Elle n'aurait jamais vu le jour sans tes relectures, ton soutien, ta patience et ton attention, quand “ça marche” — *Super ton idée de 2h du matin ! Note la vite et rendors-toi !* — et quand “ça marche pas” — *Une demie page aujourd'hui ? Pas grave, fais un planning, et 5 pages demain !*

Merci . . .

Table des matières

Remerciements	i
Introduction	xi
I Précisions sur les questions de recherche	1
1 Géométries	3
1.1 Des géométries ?	4
1.1.1 Un point de vue épistémologique : les paradigmes géométriques	6
1.1.2 Un point de vue cognitif : statut et usage du dessin	11
1.1.3 Des réponses de l'enseignement : trois grandes orientations	24
1.1.4 Affaiblissement du dessin et déconstruction dimensionnelle.	27
1.2 Géométrie dans l'espace	30
1.2.1 Qu'est-ce que « voir dans l'espace » ?	30
1.2.2 Fonctions des représentations d'objets de l'espace	35
1.2.3 Une complexité de lecture proche de la déconstruction dimensionnelle ?	45
1.2.4 Retour sur notre problématique	46
1.3 Géométrie dynamique 3D : potentialités	48
1.3.1 Une meilleure fonction d'illustration	49
1.3.2 Évolutions de la fonction d'expérimentation	50
1.3.3 Intérêt pour notre étude	53
1.4 Mise en œuvre du questionnement de recherche	55
2 Évolution : rôle de la déconstruction instrumentale	59
2.1 Parenthèse : Cabri 3D	59
2.1.1 Apparence graphique	59
2.1.2 Déplacement	61
2.1.3 Définition des objets	62
2.1.4 Construction	62

2.1.5	Mesure	63
2.2	Une première observation	63
2.2.1	Présentation de l'activité	64
2.2.2	Trois binômes	67
2.2.3	Retour sur les observation	72
2.3	L'ancrage instrumental	75
2.3.1	Artefact et schème : deux composantes fondamentales de l'instrument	75
2.3.2	Un regard instrumental sur Cabri 3D	77
2.3.3	La déconstruction instrumentale : une notion hétérogène ?	83
2.3.4	Des interactions imprévues	86
2.4	Retour sur nos questions de recherche	93
2.4.1	Un premier bilan	93
2.4.2	Positionnement de notre recherche	97
3	Méthodologie	101
3.1	cK \mathcal{C} : une mécanique de précision	102
3.1.1	Conception dans le modèle cK \mathcal{C}	103
3.1.2	Distinction entre opérateurs et contrôle	106
3.1.3	Opérateurs, contrôles et conceptions dans notre étude	110
3.2	Contrôles	111
3.2.1	Fonctions des contrôles	112
3.2.2	Un problème méthodologique : la temporalité	113
3.2.3	Caractérisation	114
3.2.4	Les différentes familles de contrôles envisagées dans cette étude	115
3.3	Opérateurs	117
3.3.1	Caractérisation	117
3.3.2	Opérateurs dans cette étude	118
3.4	Problèmes et systèmes de représentation	120
3.4.1	Systèmes de représentation	120
3.4.2	Interprétations des problèmes	121
3.5	Méthodologie d'analyse a priori	121
3.5.1	Quelques préalables	122
3.5.2	Analyse macroscopique	123
3.5.3	Analyse microscopique	125
3.5.4	Retour sur l'analyse a priori	126
3.6	Méthodologie d'analyse a posteriori	130
3.6.1	De quoi doit-elle rendre compte ?	130
3.6.2	Deux types d'analyses	131
3.6.3	Identification des opérateurs et contrôles	132

II	Une mise à l'épreuve expérimentale	141
4	Analyses a priori	143
4.1	Mise en bouche : prise en main de Cabri 3D	143
4.2	Reconstruction d'un sommet manquant	145
4.2.1	Description de la situation	145
4.2.2	Variables didactiques	146
4.2.3	Interprétations du problème	148
4.2.4	Stratégies	149
4.2.5	Opérateurs et contrôles	153
4.2.6	Procédures	154
4.2.7	Bilan	155
4.3	Coplanarité	156
4.3.1	Description de la situation	156
4.3.2	Variables didactiques	157
4.3.3	La coplanarité de deux droites	158
4.3.4	Interprétations du problème	161
4.3.5	Stratégies	162
4.3.6	Opérateurs et contrôles	168
4.3.7	Procédures	169
4.3.8	Bilan	170
4.4	Reconstruction d'un prisme	171
4.4.1	Description de la situation	171
4.4.2	Enjeu de la situation	173
4.4.3	Variables didactiques	173
4.4.4	Interprétations du problèmes	175
4.4.5	Stratégies	176
4.4.6	Opérateurs et contrôles	182
4.4.7	Procédures	182
4.4.8	Bilan	182
5	Observations et analyse a posteriori	185
5.1	Reconstruction d'un cube tronqué : étude linéaire des obser- vations	187
5.1.1	Premier groupe	187
5.1.2	Deuxième groupe	188
5.1.3	Troisième groupe	189
5.1.4	Quatrième groupe	190
5.1.5	Cinquième groupe	191
5.1.6	Sixième groupe	193
5.1.7	Septième groupe	194
5.1.8	Huitième groupe	195
5.2	Coplanarité : étude linéaire	198
5.2.1	Premier groupe	198

5.2.2	Deuxième groupe	199
5.2.3	Troisième groupe	203
5.2.4	Quatrième groupe	207
5.2.5	Cinquième groupe	214
5.2.6	Sixième groupe	217
5.3	Prismes : étude linéaire	219
5.3.1	Premier groupe	219
5.3.2	Deuxième groupe	223
5.3.3	Troisième groupe	227
5.3.4	Quatrième groupe	231
5.4	Synthèse des résultats expérimentaux	232
5.4.1	Coexistence de différents modes de fonctionnement	233
5.4.2	Visualisation iconique et géométrie dans l'espace	234
5.4.3	La déconstruction dimensionnelle et GII	236
5.4.4	Cabri 3D comme composante du milieu	238
5.4.5	Multiplicité des déconstructions instrumentales	240
5.4.6	D'une déconstruction instrumentale à l'autre	243
5.5	Retour sur les questions de recherche	249
5.5.1	Déstabilisation de la visualisation iconique	249
5.5.2	Lien entre GII et la déconstruction dimensionnelle	250
5.5.3	Usage de primitives complexes	250
5.5.4	Cabri 3D comme élément du milieu	251
5.5.5	Interactions	252
	Conclusion	255
	III Annexes	1
	A Séance d'introduction à Cabri 3D	3
A.1	Les outils de Cabri 3D	3
A.2	Création et déplacement d'un point	4
A.2.1	Dans le plan de base	4
A.2.2	Dans l'espace	4
A.2.3	Opérations sur les objets	5
A.3	Créer des droites	5
A.3.1	Création d'une droite	5
A.3.2	Deux droites dans l'espace	5
A.4	Créer un plan	5
A.4.1	Un plan à partir de trois points	5
A.4.2	Un plan à partir d'une droite et un point	6
A.5	Construction en référence à un autre objet	6
A.6	Objets particuliers	6
A.7	Transformations	7

A.8 Outils de mesure	7
A.9 Pliage	8
A.10 Patrons	9
A.10.1 Ouverture de polyèdre	9
A.10.2 Patron d'un tétraèdre	9
A.10.3 Conclusion champêtre	9
B Opérateurs et contrôles	11
B.1 Opérateurs	11
B.2 Contrôles	20
C Situation du cube tronqué	27
C.1 Énoncé	27
C.2 Étude des procédures	28
C.3 Transcriptions	34
D Positions de deux droites dans l'espace	61
D.1 Énoncé	61
D.2 Configurations	62
D.2.1 Premier groupe	62
D.2.2 Second groupe	63
D.2.3 Troisième groupe	64
D.3 Étude des procédures	65
D.4 Transcriptions	70
E Reconstruction d'un prisme	109
E.1 Étude des procédures	109
E.2 Transcriptions	115

Introduction

Problématique générale

À l'origine de cette étude se trouve un questionnement sur des conditions permettant de rendre la démonstration cohérente avec les mathématiques pratiquées par des élèves de l'enseignement secondaire français. La géométrie contextualise classiquement son apprentissage, mais se trouve dans le même temps confrontée à une profonde ambiguïté portant sur son objet d'étude.

Au cours de l'enseignement primaire, l'introduction des premières notions géométriques s'appuie largement sur l'expérience sensible, en exhibant des polygones, en matérialisant des symétries par des pliages, etc. La géométrie s'exerce ainsi sur des objets matériels, avant que l'institution ne demande un changement de point de vue radical en excluant la preuve empirique des sources potentielles de connaissances géométriques. Un résultat ne se *montre* plus, mais se *démontre*.

La géométrie s'intéresse dès lors à des objets idéaux, et les objets graphiques auxquels elle se consacrait auparavant n'en sont plus que des représentants. Ce renversement de point de vue, généralement désigné comme le "passage dessin-figure", constitue un point crucial de l'enseignement de la géométrie, source de nombre de difficultés.

L'évidence visuelle constitue, en effet, un obstacle majeur à l'émergence d'une "nouvelle" géométrie portant sur des objets abstraits et dans laquelle la démonstration est la modalité de preuve privilégiée. Tant qu'il est possible de constater des propriétés sur le dessin, il est difficile de ne pas identifier l'objet géométrique à sa représentation, et proposer une preuve intellectuelle présente un intérêt très limité au regard des difficultés que suscite sa mise en œuvre.

La démonstration peut ainsi n'émerger que comme pur exercice rhétorique, auquel cas deux problématiques irréductibles l'une à l'autre coexistent dans la résolution par un élève d'un problème de géométrie. Déterminer une solution est une problématique pratique, centrée sur la lecture du dessin, mais invalide aux yeux de l'institution ; à l'inverse, la production d'une démonstration peut se limiter à produire le type de réponse exigé par l'institution,

sans que celle-ci ne prouve nécessairement de résultat valide du point de vue de l'élève.

Dans la perspective de ce passage vers une étude de la *figure*, nous avons souhaité interroger le rôle de l'évidence perceptive dans l'activité géométrique : trop forte, elle semble contrarier grandement l'émergence d'une géométrie détachée du seul dessin ; trop faible, la réforme des mathématiques modernes souligne qu'elle compromet l'apprentissage de la géométrie. L'hypothèse fondamentale de ce travail consiste à supposer qu'il est possible de proposer des informations suffisamment limitées pour que l'activité géométrique puisse se détacher du seul dessin, mais offrant tout de même des informations permettant une certaine "compréhension", dans un sens que nous précisons. Cette hypothèse nous a conduit à étudier le cas de la géométrie dans l'espace.

Ce domaine des mathématiques joue un rôle mineur dans l'enseignement de la géométrie, rôle dont l'origine est certainement à rechercher dans les difficultés qu'il suscite.

« *Oh, la géométrie dans l'espace, j'étais nul, je ne voyais rien !* » est certainement le commentaire le plus répandu sur cette partie du cours de mathématique. Cette difficulté à "voir" présente néanmoins un certain intérêt, dans la mesure où elle contrarie justement l'évidence perceptive, problématique en géométrie plane.

Nous proposons d'étudier ici dans quelle mesure il est possible d'influer sur la qualité, la nature et la signification des informations visuelles perçues, et les conséquences de ces ajustements dans une perspective d'enseignement. Il ne s'agira donc pas ici d'étudier les représentations pour elles-mêmes, mais bien d'inscrire ces indicateurs visuels dans la perspective plus large d'une activité géométrique. C'est donc une dialectique entre *représentations* et *problèmes de géométrie* qui sera l'objet principal de notre attention.

À cet effet, la géométrie dynamique permettra d'influer sur les enjeux des problèmes eux-mêmes et sur le type de résolution pertinent. C'est pourquoi le travail que nous présenterons ici s'appuiera sur l'environnement de géométrie dynamique Cabri 3D, qui offrira des rétroactions visuelles plus riches. En effet, d'une part, la représentation informatisée propose de meilleures informations visuelles qu'une projection plane sur papier, et suscite ainsi de difficultés de lecture. D'autre part, parmi ces informations figurent des *réifications* de propriétés et objets mathématiques, en particulier par l'utilisation du déplacement, qui nous auront une grande importance concernant les caractéristiques des situations élaborées.

Nous montrerons qu'il est possible d'envisager des conditions dans lesquelles la problématique pratique de travail sur le dessin fait appel à un point de

vue plus théorique et à une construction théorique de la géométrie.

Cadre théorique

Afin de circonscrire l'enjeu de notre questionnement de recherche il faudra, en premier, lieu préciser la nature du “changement de point de vue” envisagé, et ainsi caractériser plus précisément les dimensions de l'activité géométrique étudiées. Celles-ci seront décrites à l'aune de deux cadres théoriques complémentaires.

Tout d'abord, [Duval \(2005, 1994\)](#) propose un point de vue cognitiviste qui interroge l'appréhension du dessin en termes de visualisations et de déconstructions, et éclaire la confrontation du sujet à un environnement matériel. Nous adopterons ainsi une distinction entre visualisation iconique et visualisation non-iconique, et montrerons que notre questionnement s'intéresse aux conditions d'émergence de la déconstruction dimensionnelle dans l'activité géométrique de l'élève.

La notion de *paradigme géométrique* ([Houdement et Kuzniak, 2006](#); [Kuzniak, 2009](#)) offrira un point de vue complémentaire, cette fois épistémologique, permettant de caractériser le référentiel théorique sous-jacent, et nous chercherons à faire émerger une “géométrie axiomatique naturelle” au détriment d'une “géométrie naturelle” focalisée sur l'étude d'objets matériels.

Exprimée en ces termes, notre étude portera donc sur les conditions d'émergence de GII et de la déconstruction dimensionnelle dans l'activité géométrique des élèves.

Comme nous l'avons sous-entendu précédemment, cette étude s'inscrira en outre dans le cadre de la Théorie des situations didactiques ([Brousseau, 1998](#)), et il nous faudra de fait caractériser un milieu susceptible de favoriser cette émergence. Cabri 3D sera donc envisagé comme un constituant du milieu dont il faudra déterminer les caractéristiques et les potentialités.

Nous nous appuyerons à cet effet sur deux approches.

Dans un premier temps, l'identification des différentes *fonctions du dessin* ([Chaachoua, 1997](#)) souligneront combien les représentations informatisées que propose cet environnement diffèrent profondément des représentations planes en papier-crayon et des représentations tridimensionnelles telles que les maquettes.

Dans un second temps, nous interrogerons de fait la notion de déconstruction instrumentale, que nous préciserons afin d'étudier comment elle peut susciter une problématique théorique s'inscrivant dans GII.

Dans ce contexte, nous étudierons l'influence de la géométrie dynamique sur cette déconstruction instrumentale, notamment d'après les travaux de [Laborde et Capponi \(1994\)](#); [Restrepo \(2008\)](#); [Hatterman \(2010, 2009\)](#). Bien entendu,

les études portant sur la géométrie dynamique établiront des relations entre ce travail portant sur l’environnement lui-même et les particularités des situations dans lesquelles il joue un rôle.

Afin de mettre à l’épreuve expérimentalement les hypothèses que nous formulerons, notre étude s’appuiera sur la méthodologie de *l’ingénierie didactique* (Artigue, 1990), plus précisément dans le cadre d’une *ingénierie didactique pour la recherche* (Perrin-Glorian, 2010). L’élaboration de situations accompagnera alors l’étude d’un milieu favorisant l’émergence de la déconstruction dimensionnelle et de GII, ainsi que celle des mécanismes conduisant à cette émergence.

Dans ce contexte, et afin de rendre plus opératoire nos considérations théoriques, nous emploierons enfin le modèle cK ζ (Balacheff, 1995a,b; Balacheff et Margolin, 2005) pour la mise en place d’une méthodologie d’analyse et une modélisation des phénomènes.

Organisation de l’étude

Dans la perspective d’une étude des conditions d’émergence d’une géométrie prenant en compte des objets idéaux, et ne pouvant se réduire à une étude d’un environnement matériel. Il sera donc essentiel d’articuler deux problématiques distinctes pour envisager, dans une perspective d’apprentissage, plusieurs dimensions de cette émergence.

Premières hypothèses : évolutions attendues

En premier lieu, il s’agira d’une étude des conditions pour lesquelles un milieu conduit *nécessairement* à l’évolution attendue. Ce questionnement sera donc de nature “asymptotique”, dans la mesure où l’émergence d’une nouvelle géométrie sera envisagée comme caractéristique d’un état d’équilibre entre le sujet et le milieu.

À cet effet, le chapitre 1 sera consacré à l’étude du sujet épistémique confronté à des problèmes de géométrie. Nous chercherons ainsi à dégager des caractéristiques de l’activité géométrique pertinentes pour notre étude — paradigmes géométriques, visualisations, déconstructions. Dans le même temps, une étude des représentations nous conduira à préciser leur rôle, les fonctions qu’elles doivent occuper, et les difficultés qu’elles suscitent.

Il en résultera une interprétation des “problèmes de visualisation” afférents à la géométrie dans l’espace sur laquelle sera fondée l’étude des potentielles solutions offertes pas les représentations informatisées. Cependant, celles-ci seront indissociables de contraintes spécifiques portant sur le milieu, dont la géométrie dynamique — et plus spécifiquement Cabri 3D — sera un constituant essentiel.

Nos premières hypothèses portent ainsi sur la stabilité du système [sujet<>milieu], et se résument de la manière suivante :

Par un travail de géométrie dans l'espace s'appuyant sur Cabri 3D, il est possible de produire un milieu pour lequel seule la déconstruction dimensionnelle et la référence à une géométrie axiomatique naturelle rendent stables ses interactions avec le sujet.

Comme nous l'avions annoncé, cette hypothèse ne détaille en rien les mécanismes permettant l'émergence d'une telle géométrie, et est donc à elle seule insuffisante : un travail purement théorique offre, lui aussi, une telle condition mais peut, dans le même temps, être à l'origine d'une trop grande difficulté contrariant l'apprentissage.

Hypothèses d'évolution

La deuxième partie de notre étude théorique (chapitre 2) portera donc sur les conditions d'émergence de cette nouvelle géométrie, et aura pour objet d'assurer l'existence de mécanismes de transition entre un "état initial" centré sur le dessin et "l'état d'équilibre final" souhaité.

L'étude succincte de l'activité d'élèves nous conduira à porter une attention particulière à une activité instrumentale, centrale dans un environnement de géométrie dynamique, susceptible de proposer une interface entre une problématique pratique et un horizon théorique élaboré.

L'approche instrumentale nous conduira à interpréter notre problématique en termes de genèses instrumentales, et de fait à interroger la notion de déconstruction instrumentale sous ce nouvel éclairage. Dégager deux modalités principales de cette déconstruction permettra ainsi d'étudier le rôle pivot que joue celle-ci. Nous pourrions alors envisager des interactions, et une dynamique d'évolution, permettant une transition vers l'état d'équilibre souhaité. À cet effet, il sera alors indispensable de préciser certaines conditions auxquelles devront répondre les situations, afin que l'activité instrumentale puisse être une condition favorisant cette évolution. Cette étude nous conduira ainsi à émettre les hypothèses suivantes :

*Des interactions sont envisageables entre visualisation iconique, visualisation non-iconique et les différentes déconstructions, et Cabri 3D permet de créer des conditions orientant progressivement l'activité géométrique vers GII et la déconstruction dimensionnelle.
La déconstruction instrumentale joue alors un rôle fondamental dans cette dynamique.*

Nous sommes ainsi conduits à faire peser de nouvelles contraintes sur des situations pour lesquelles une nouvelle géométrie permet une résolution

du problème, et émerge en outre des différentes rétroactions émanant du milieu.

Modélisation des phénomènes

Les hypothèses que nous formulons, et les cadres théoriques auxquels elles font référence, permettent de circonscrire précisément un questionnement de recherche et des hypothèses offrant de potentiels éléments de réponse.

Cependant, dans une perspective d'expérimentation, ces cadres théoriques n'offrent pas une modélisation suffisamment précise pour anticiper et analyser des phénomènes en limitant de manière convenable la part interprétative des observations.

En particulier, si une dynamique d'évolution est envisagée, il est impossible d'anticiper ou d'analyser les mécanismes à l'origine de ces évolutions. Ce défaut d'opérationnalité nous conduit donc à modéliser les différents phénomènes envisagés à l'aide de $cK\zeta$.

Le chapitre 3, consacré à la mise en place d'une méthodologie d'analyse opérationnelle, laisse ainsi une grande part à l'étude de ce modèle. Nous confrontons divers usages qui en sont faits afin de préciser les différentes notions en jeu, et de dégager des outils pertinents pour notre étude. Cela conduit alors à proposer une méthodologie d'analyse, *a priori* et *a posteriori*, s'appuyant très fortement sur cette modélisation. Celle-ci permettra de relier les hypothèses théoriques initiales à la mise en œuvre et l'analyse d'une expérimentation.

Étude expérimentale

La seconde partie de notre travail consistera à organiser une ingénierie didactique afin de mettre à l'épreuve les hypothèses de recherche formulées.

Nous avons choisi de mener l'expérimentation en classe de Seconde, qui correspond à une étape de la scolarité où les élèves disposent de connaissances géométriques déjà élaborées, qu'ils peuvent pour la plupart mobiliser, mais où la géométrie du concret reste souvent prédominante. En outre, les connaissances dont disposent ces élèves concernent essentiellement la géométrie plane, et ceux-ci sont peu familiers avec l'espace.

Trois situations sont proposées, l'une d'entre elles s'appuyant sur un enjeu de savoir précis — la coplanarité —, les deux autres faisant, en revanche, appel à un contenu mathématique moins contraint ; cela n'était pas l'enjeu de cette étude.

Ces situations ont pour finalité de mettre à l'épreuve nos hypothèses en étudiant leur sensibilité à différents facteurs :

- la précision de la finalité dans l'énoncé, qui peut laisser en suspens la question de l'enjeu — objets matériels ou théoriques — du problème ;
- le rôle des indéterminations visuelles, leurs effets et leurs limites ;
- le rôle du déplacement, et l'étude de ses conséquences dans le cadre de la géométrie dans l'espace ;
- le rôle des outils, disponibles ou nécessaires à la résolution, dans les évolutions observées ;

L'analyse des observations permet dans un dernier temps de dégager des invariants dans les processus observés, ainsi que certaines variations accompagnant certaines variables.

Nous serons alors en mesure de valider une partie de nos hypothèses, portant notamment sur la mobilisation progressive de la déconstruction dimensionnelle et GII et sur le rôle de la déconstruction instrumentale dans ce processus. Nous étudierons en outre la sensibilité du milieu à un choix de certaines variables, afin d'affiner les propositions élaborées théoriquement, et caractériser au mieux des conditions favorables à l'évolution que nous souhaitons susciter.

Première partie

**Précisions sur les questions
de recherche**

Chapitre 1

Des géométries dans l'enseignement secondaire

Ce chapitre a pour objet de préciser un questionnement naïf portant sur l'apprentissage de la géométrie. Dans la mesure où introduire la démonstration est délicat lorsque la géométrie ne s'intéresse qu'à l'étude des objets matériels, et où l'évidence visuelle favorise ce point de vue, que peut apporter une perturbation de cette évidence? En particulier, si l'intuition première pourrait laisser penser que la suppression de l'évidence visuelle serait bénéfique, il faut y opposer le constat que la géométrie dans l'espace ou la géométrie très abstraite des mathématiques modernes ne sont pas à l'origine de résultats spectaculaires.

La question initialement envisagée est la suivante :

Quelles pourraient être des conditions portant sur les modalités de représentation déstabilisant de manière productive l'étude exclusive des objets matériels?

Afin d'apporter des précisions supplémentaires, nous interrogeons en tout premier lieu la géométrie. Que signifie l'évolution que nous mentionnons, d'un point de vue épistémologique, et du point de vue de l'activité géométrique du sujet?

Le passage de l'étude du dessin à celle de la figure, qui est sous-tendu, est examiné à la lumière de deux cadres théoriques complémentaires :

- la notion de *paradigme géométrique* (Houdement et Kuzniak, 2006; Kuzniak, 2009) apporte un point de vue épistémologique sur le référentiel théorique auquel se réfère l'activité géométrique
- les travaux de Duval (2005, 1994) s'intéresse au fonctionnement cognitif de l'activité géométrique d'un sujet confronté à un problème de géométrie

Dans le cadre de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998), il devient donc légitime de définir les caractéristiques d'un milieu favorisant

l'utilisation de la déconstruction dimensionnelle et la référence à GII.

Dans un second temps nous procédons de fait à une étude de la géométrie dans l'espace, du point de vue des représentations utilisées, afin d'en examiner les potentialités et les limites. Les environnements de géométrie dynamique proposent alors des représentations remplissant de manière probante les fonctions que [Chaachoua \(1997\)](#) identifie comme essentielles dans l'activité géométrique.

Les hypothèses de recherche auxquelles nous conduit cette étude portent ainsi sur une caractérisation d'un milieu :

- donnant rôle essentiel à une géométrie détachée de la contingence matérielle ;
- dans lequel la déconstruction dimensionnelle occupe une place indispensable à l'équilibre du système [sujet<>milieu] ;
- s'appuyant sur la géométrie dynamique tridimensionnelle.

Ce sont ainsi des hypothèses portant sur des conditions de stabilité que nous proposons ici, et l'étude des mécanismes permettant d'atteindre cet état sera l'objet du chapitre suivant.

1.1 Des géométries ?

Si la géométrie contextualise traditionnellement l'apprentissage de la démonstration, c'est aussi un lieu où il est possible d'observer les difficultés accompagnant l'émergence de cette démonstration, et plus généralement d'un discours mathématique. Le statut des objets étudiés, aux yeux des élèves, apparaît souvent comme un point névralgique.

Les problèmes de géométrie mettent en jeu l'étude de représentations graphiques d'objets abstraits. [Parzysz \(1988\)](#) propose d'opérer une distinction entre la figure, *objet théorique défini par un texte qui la décrit*, et le dessin qui n'est qu'une illustration de la figure. [Laborde et Capponi \(1994\)](#) précisent cette distinction, sur laquelle nous nous appuyerons :

En tant qu'entité matérielle sur un support, le dessin peut être considéré comme un signifiant d'un référent théorique (objet d'une théorie géométrique comme celle de la géométrie euclidienne, ou de la géométrie projective). La figure géométrique consiste en l'appariement d'un référent donné à tous ses dessins, elle est alors définie comme l'ensemble des couples formés de deux termes, le premier terme étant le référent, le deuxième terme étant un des dessins qui le représente. Le deuxième terme est pris dans l'univers de tous les dessins possibles du référent. Le terme figure géométrique renvoie dans cette acception à l'établissement d'une relation entre un objet géométrique et ses représentations

possibles. Dans cette approche, les rapports entre un dessin et son référent construits par un sujet, lecteur ou producteur du dessin, constituent le signifié de la figure géométrique associée pour ce sujet.

(Laborde et Capponi, 1994, p. 168)

Il apparaît dès lors que cette distinction est essentielle dans la construction de la démonstration, puisque l'accès à des preuves intellectuelles (Balacheff, 1999) suppose que l'expérience sensible et l'ostension soient subordonnées à un travail théorique. Mais au delà, elle détermine le point de vue qu'offrent les mathématiques sur les objets géométriques, point de vue que l'institution scolaire vise à faire acquérir aux élèves au cours de l'enseignement secondaire.

Si la distinction opérée est claire pour le mathématicien dont l'activité est, suivant l'adage, *de raisonner juste sur une figure fausse*, elle s'avère cependant plus problématique pour les élèves. Les représentations graphiques ont généralement été un support privilégié pour l'introduction des concepts au cours de la scolarité antérieure, et occupent un rôle important dans les problèmes de géométrie. Leur statut, et l'emploi qui doit en être fait, peut de fait prêter à confusion (Parzys, 2006, p. 128) :

[...] bien [que la représentation] constitue une aide précieuse dans les conjectures, elle peut également constituer un obstacle à la démonstration, car "l'évidence de la figure" peut être source de confusion dans l'utilisation des données.

Il devient alors essentiel pour l'enseignement d'inciter les étudiants à dépasser l'évidence perceptive afin que leur activité géométrique s'exerce sur des objets théoriques dont l'existence est assurée, non plus par leur représentation, mais par un système axiomatique plus ou moins explicite. Pourtant, il est généralement difficile de motiver ce passage et de clarifier le statut des objets, et c'est bien souvent par un effet de contrat que se résout l'apparition de la démonstration, ce qui n'est pas sans soulever certaines difficultés :

L'enseignement des mathématiques le sait bien, et en est bien embarrassé, lorsqu'il cherche le passage d'une approche "empirique" (les propriétés se voient bien sur la figure) à une approche "déductive" (d'un genre implicitement axiomatique) lors de l'introduction de la démonstration dans le cours de l'enseignement (en général vers 13 ans).

Mais il ne suffit pas d'exhorter l'élève à ne voir dans le triangle dessiné que la représentation d'un triangle, alors que c'est bien ce dessin qui est le lieu des expérimentations et des opérations nécessaires à la résolution d'un problème de géométrie.

(Balacheff, 1999, p. 199)

En l'absence d'une motivation "épistémologique" à abandonner l'étude du dessin, une dichotomie s'opère entre deux modes de fonctionnement : d'un côté, l'élève cherche à observer des propriétés sur le dessin pour se convaincre, et de l'autre, il respecte un contrat en vigueur qui lui demande de résoudre le problème à l'aide de la démonstration. On peut alors comprendre les difficultés de certains à concilier ces deux formes de résolution.

Il est donc primordial pour l'enseignement de chercher à supprimer cette dichotomie, c'est-à-dire à inclure le travail sur le dessin et hors du dessin comme deux éléments dialectiques d'un même processus de résolution. Cet objectif constituera notre horizon pour la suite de cette étude.

Pour proposer une caractérisation plus précise de l'opposition entre ces deux modes de fonctionnement, nous nous proposons de concilier deux approches complémentaires. La notion de *paradigme géométrique* proposée par [Houdement et Kuzniak \(2006\)](#) nous permet d'étudier le référentiel théorique — du point de vue mathématique — dans lequel s'inscrivent différentes approches, et de caractériser les évolutions que nous cherchons à susciter chez les élèves. Les travaux de [Duval \(2005\)](#) offrent un point de vue, plus cognitiviste, qui nous permet d'interpréter certains modes de fonctionnement. Nous serons alors en mesure d'explicitier des blocages d'élèves dans une activité géométrique, et de fait, d'envisager des modes d'action permettant une telle évolution.

1.1.1 Un point de vue épistémologique : les paradigmes géométriques

La notion de paradigme géométrique que proposent [Houdement et Kuzniak \(2006\)](#) vise à éclairer les rapports que peut entretenir un individu avec un certain référentiel théorique, en caractérisant notamment ce référentiel. Elle s'appuie sur l'acceptation qu'en propose [Kuhn \(1962\)](#), selon deux points de vue principaux : d'un point de vue global, il s'agit "*des croyances, des techniques et des valeurs que partage un groupe scientifique*", et d'un point de vue local, la notion de paradigme désigne "*les exemples significatifs qui sont donnés aux étudiants pour leur apprendre à reconnaître [...] les différentes entités constitutives du paradigme local*" ([Houdement et Kuzniak, 2006](#), p. 178). Ce point de vue double permet d'embrasser d'un même regard une communauté scientifique offrant une référence et les rapports personnels qu'entretient l'individu avec celle-ci.

Concernant les individus, ces paradigmes permettent d'étudier leur élaboration d'un modèle théorique de référence, la nature — plus ou moins axiomatique — de ce modèle, et les rapports qu'ils entretiennent avec ce modèle. L'hypothèse sous-jacente est qu'existent dans l'institution scolaire des différences de points de vue qui, faute d'être correctement caractérisées, sont sources de nombreux malentendus (*ibid.*, p. 178) :

Étudiant(e)s, professeur(e)s, enseignant(e)s et élèves se situent implicitement fréquemment dans des paradigmes différents : cette différence de posture épistémologique est source de malentendus didactiques.

Signalons que, de fait, il ne s’agit pas d’étudier la nature du modèle théorique — on ne distinguera pas, par exemple, la géométrie euclidienne de la géométrie projective — mais plutôt les rapports qu’elle entretient avec le monde sensible, notamment en ce qui concerne la validation.

Trois paradigmes géométriques

Les auteurs dégagent de leur travaux trois paradigmes géométriques envisageables : géométrie naturelle, géométrie axiomatique naturelle, géométrie axiomatique.

Géométrie naturelle (GI)

Si la géométrie naturelle (GI) consiste en une première modélisation du réel, notamment par les classifications qu’elle opère, elle trouve ses modes de validation dans la confrontation au monde sensible. Cette forme de géométrie fait porter l’attention sur les objets matériels ou leur représentation, et en particulier dans le traitement des problèmes : sur ces objets s’exercent “*l’intuition, l’expérience et le raisonnement déductif*” (Houdement et Kuzniak, 2006, p. 180) qui s’appuient sur la perception et “l’action mécanique” sur les objets.

Cette restriction proposée par les auteurs est cependant interrogée par la notion de preuve pragmatique¹ que propose Balacheff (1999). En effet, ce type de preuve est intimement lié à la géométrie naturelle, et *l’action mécanique* en est un exemple, certes typique, mais particulier. Nous considérerons ainsi qu’il est possible dans GI de substituer à l’action matérielle une *action intériorisée*, une expérience mentale dans laquelle la référence à l’action matérielle n’est pas moins présente.

Nous trouvons dans la géométrie naturelle une approche qui prévaut durant l’enseignement primaire et le début de l’enseignement secondaire, où les objets présentés ne sont pas nécessairement formalisés et où il s’agit de se convaincre par la preuve pragmatique plutôt que de démontrer. Nous pouvons remarquer en outre que la formalisation des objets géométriques ainsi que la démonstration ne prend pas de sens dans ce contexte.

1. “*preuves fondées sur l’action effective mise en œuvre sur des représentations d’objets mathématiques*” (Balacheff, 1999, p. 202)

Géométrie axiomatique naturelle (GII)

GII, la *géométrie axiomatique naturelle*, repose en revanche sur un système axiomatique *aussi précis que possible* à l'intérieur duquel s'exercent des lois hypothético-déductives assurant la validation. Le qualificatif “naturelle” souligne l'opposition avec une géométrie qui serait purement formelle, en ce sens qu'elle serait détachée d'une référence au réel. GII procède d'une axiomatisation visant à modéliser des problèmes spatiaux, et la validité des axiomes ne repose que sur celle de la modélisation. Elle ne peut pas, par exemple, proposer une géométrie non euclidienne.

Néanmoins, cette géométrie donne accès aux objets abstraits — dont la figure — et est apte à prendre en charge la démonstration. C'est la géométrie qui est visée par l'enseignement secondaire.

Géométrie axiomatique (GIII)

Dans GIII, la rupture entre géométrie et réalité est consommée : le raisonnement logique prévaut, l'axiomatisation est totale et la “validité” des axiomes ne tient qu'à leur non-contradiction. De cette géométrie peuvent par exemple naître les géométries non euclidiennes, la géométrie projective, etc.

Nous ne prendrons pas en compte GIII dans la suite de cette étude, dans la mesure où elle est absente de l'enseignement secondaire.

Articulation des différents paradigmes

Il ne faut pas comprendre cette classification comme une casuistique permettant de décrire l'activité géométrique d'un individu, dans laquelle chaque géométrie exclurait *de facto* les deux autres. Il serait ainsi profondément caricatural de considérer que certains élèves ne font appel qu'à GI — alors même qu'on leur demande des activités de démonstration dès le début du collège — et d'autres uniquement à GII — alors que les concepts ont été majoritairement introduits dans GI et que le travail sur le dessin demeure fondamental. Il faut en fait articuler les géométries entre elles à l'intérieur d'un contexte donné pour rendre compte d'une diversité d'approches qui peut néanmoins s'exprimer en termes de distance aux différents types de géométrie. Pour ce faire, Houdement et Kuzniak (2006), puis plus précisément Kuzniak (2009), s'appuient sur la notion d'*espace de travail géométrique* (ETG) permettant de rendre compte simultanément d'un “*espace réel et local support des objets*”, d'un “*ensemble d'artefacts*” et d'un “*référentiel théorique éventuellement organisé en modèle théorique*” (Houdement et Kuzniak, 2006, p. 184). Les articulations entre paradigmes géométriques, que Kuzniak (2009) envisage, permettent de préciser le rôle des différents paradigmes dans l'activité de l'élève. Par souci de clarté, nous omettrons celles faisant intervenir GIII.

La Géométrie I assumée (GI / gII)

Cette géométrie a pour but l'étude matérielle du monde réel, ce qui la rattache à GI. GII peut intervenir en proposant des théorèmes qu'elle démontre, qui sont utilisés comme des outils de résolution. En d'autres termes, GI assure la validation, d'où sa position dominante, et GII offre des outils auxiliaires de résolution, en restant subordonnée à GI.

La Géométrie II morcelée (GII / GI)

Cette géométrie amorce une perspective axiomatique, mais il s'agit essentiellement d'îlots hypothético-déductifs concernant quelques figures de base. Les propriétés intervenant s'appuient sur l'expérience matérielle du sujet.

La Géométrie II assumée (GII / gI)

Cette géométrie emploie des propriétés provenant, ici encore, d'une "intuition de l'espace", mais elle fait signe vers un référentiel doté d'une organisation logique, ce que permet une construction axiomatique plus généralisée. [Kuzniak \(2009\)](#) montre qu'il s'agit de l'horizon envisagé par l'enseignement secondaire actuel — il s'agit de l'*ETG de référence*, qui s'inscrit dans la géométrie euclidienne.

Les paradigmes sont ainsi différents référentiels théoriques dans lesquelles s'inscrivent les activités mathématiques, référentiels qui peuvent se compléter et interagir.

Un hiatus entre deux points de vue

Ces paradigmes géométriques offrent ainsi un outil pertinent pour interpréter certains décalages entre l'attente de l'institution — résolution d'un problème à l'aide de la démonstration — et la réponse de certains élèves aux problèmes de géométrie — ostension, mesure. . .

En effet, nous avons mentionné que l'institution se positionne dans une Géométrie II assumée, où il s'agit de prouver des résultats portant sur des objets théoriques, cohérents avec une perception sensorielle de l'espace. L'exigence de nombreux élèves porte, en revanche, sur la capacité à constater la validité de résultats, en s'appuyant éventuellement sur des propriétés offertes par GII : on reconnaît GI assumée. Ceci n'implique pas nécessairement que ces élèves soient incapables de produire une démonstration, mais elle intervient essentiellement pour répondre à l'institution. De celle-ci ne subsiste que l'exercice formel, redondant avec les constatations déjà effectuées, et l'apport cognitif de la démonstration est occulté pour les élèves. Il convient de s'interroger sur les raisons qui conduisent les élèves à demeurer dans GI/gII et à résister au passage vers GII/gI. Deux réponses principales

s'offrent à nous.

La première d'entre elles est à rechercher dans les conditions de genèse de la géométrie. D'un point de vue scolaire, cette genèse procède en grande partie d'une émergence de connaissances ou concepts géométriques à partir de l'action sur un milieu matériel (Mathé, 2009, p. 1) :

Dans les programmes scolaires français, l'enjeu de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire consiste, à partir d'activités sur des objets sensibles tels que des tracés de figures planes ou des représentations diverses de solides ("reconnaissance", "description", "construction"), à amener les élèves à constituer des objets conceptuels ou "objets géométriques" tels que le cercle, le carré, le cube, objets qui se substituent alors progressivement à la notion première d'objet sensible. L'enseignement de la géométrie à l'école suppose donc, à partir de problèmes relevant de manipulations matérielles ou symboliques d'objets sensibles, de construire des concepts géométriques et de donner ainsi aux élèves accès à un domaine de connaissance relatif à une interprétation spécifique du réel : la géométrie (ou "géométrie élémentaire").

Ceci est cohérent avec certains travaux portant sur la conceptualisation en géométrie, qui s'appuie initialement sur une expérience quotidienne génératrice de *préconcepts* (Lismont et Rouche, 1999, partie I, Chap. 2).

Le rôle de l'expérience quotidienne et la capacité des représentations graphiques à offrir des *évidences*, généralement perceptives, constituent donc un premier obstacle au passage vers une approche formaliste, que nous pouvons qualifier d'obstacle épistémologique au sens bachelardien du terme (Bachelard, 1938) tant il a irradié le développement historique des mathématiques.

Nous citerons à titre d'exemple la démonstration du théorème de la valeur intermédiaire, qui nous semble particulièrement représentative de la difficulté à abandonner l'évidence perceptive et les preuves pragmatiques, même dans un cadre fortement formalisé — en l'occurrence l'analyse. Dans son mémoire de 1817², où il propose une démonstration "moderne" de ce théorème, Bolzano met en garde contre les définitions géométriques :

Il n'y a absolument rien à objecter, ni contre la justesse, ni contre l'évidence de ce théorème géométrique. Mais il est tout aussi manifeste qu'il y a là une faute intolérable contre la bonne méthode, faute qui consiste à vouloir déduire les vérités mathématiques pures (ou générales) (c'est-à-dire de l'arithmétique, de l'algèbre ou de l'analyse) des considérations qui appartiennent à une partie appliquée (ou spéciale) seule, à savoir la géométrie.

2. *Rein analytischer Beweis...* Oswald's Klasscher, n° 153, Leipzig, 1905. Cité par Dhombres (1978) p. 216.

Pourtant, dans son *Cours d'Analyse* de 1821, Cauchy se contente de la démonstration suivante :

Pour établir la proposition précédente, il suffit de faire voir que la courbe qui a pour équation $y = f(x)$ rencontrera une ou plusieurs fois la droite qui a pour équation $y = b$ dans l'intervalle compris entre les coordonnées qui correspondent aux abscisses x_0 et X ; or c'est évidemment ce qui aura lieu dans l'hypothèse admise

Il ne faut pas pour autant négliger une seconde source de résistance au passage vers GII — qui est, en un certain sens, le point de vue symétrique — qui est le problème de l'accès aux objets abstraits, du travail sur la figure et de l'introduction de la démonstration. Les difficultés qui naissent sont à la fois conceptuelles et techniques, et confortent finalement l'étude du dessin comme mode de résolution fiable et efficace.

1.1.2 Un point de vue cognitif : statut et usage du dessin

Nous avons pu observer les difficultés que pose la gestion du dessin dans l'enseignement de la géométrie : d'un côté il constitue un obstacle à l'émergence d'une géométrie axiomatique de type GII, mais dans le même temps [Chaachoua \(1997\)](#) met clairement en évidence son rôle primordial dans la compréhension même des problèmes de géométrie :

Ces travaux attestent l'intérêt qu'il faut porter au rôle du dessin et de la figure³ dans l'enseignement des mathématiques : rôle heuristique des figures dans la résolution de problèmes de géométrie, nécessité de changer le rapport des élèves au dessin, dessins comme instruments pour la transmission des savoirs géométriques, étude du milieu où la figure est enjeu de transmission,...

([Chaachoua, 1997](#), p. 31-32)

Le dessin peut avoir la fonction d'illustration au niveau de l'énoncé, s'il est donné par l'enseignant ou le manuel, au niveau de la résolution ou à celui de la solution. [...] Cette fonction d'illustration dépend essentiellement du domaine de fonctionnement du dessin. [...] C'est à partir de ce dessin que le "travail expérimental" peut se mettre en place : exploration, conjectures, construction d'objets intermédiaires... Cette phase heuristique se fait avec un aller-retour entre les connaissances géométriques et les propriétés spatiales du dessin, ce qui dépend du domaine d'interprétation associé au dessin.

3. L'auteur confronte ici différents travaux dans lesquels la distinction entre dessin et figure n'est pas toujours opérée. Il faut donc lire "dessin" en lieu et place de "figure".

(Chaaoucha, 1997, p. 42)

La difficulté est donc d'établir des rapports opérationnels entre le travail sur le dessin et la résolution de problème de géométrie. Ces rapports peuvent être clarifiés en s'appuyant sur la notion de paradigme géométrique :

En fait, la résolution d'un problème de géométrie élémentaire consiste en une succession d'aller-retours entre G1 et G2⁴, centrés sur la "figure"⁵. Celle-ci joue un rôle crucial dans le processus ; en effet, bien qu'elle constitue une aide précieuse dans les conjectures, elle peut également constituer un obstacle à la démonstration, car "l'évidence de la figure" peut être source de confusion dans l'utilisation des données.

(Parzysz, 2006, p. 128)

L'*obstacle* que mentionne Parzysz est donc un point névralgique du passage d'une géométrie centrée sur GI à une géométrie où la figure et la démonstration peuvent prendre sens. Plus que d'une capacité intrinsèque des dessins à montrer des résultats, cet obstacle résulte de la capacité des élèves à lire des résultats sur le dessin. C'est cette capacité des élèves qu'il nous faut de fait interroger pour mieux la caractériser : pourquoi un élève est-il capable de lire sur un dessin que deux droites sont parallèles alors qu'un mathématicien ne peut se le permettre ? Duval propose une étude du fonctionnement des dessins, d'un point de vue cognitif, dans l'activité géométrique des individus. Il distingue plusieurs *appréhensions* des figures (Duval, 1994) : l'appréhension perceptive, l'appréhension discursive, l'appréhension séquentielle et l'appréhension opératoire. Ces considérations sont par la suite précisées par la mise en évidence de deux types principaux de *manières de voir* les dessins, aux fonctionnements profondément différents : la visualisation iconique et la visualisation non-iconique (Duval, 2005). Tandis que la première dresse un obstacle majeur à l'utilisation du dessin au service de l'étude de la figure, la seconde permet en revanche de *déconstruire* les formes pour rechercher des modes de résolution.

La visualisation iconique comme obstacle

Duval (2005) souligne la complexité de l'acte de "voir", qui met en jeu deux niveaux d'opérations : "*la reconnaissance discriminative de formes et l'identification des objets correspondant aux formes reconnues*". Si ces deux opérations sont généralement délicates à distinguer, en raison de leur simultanéité apparente, elles jouent des rôles distincts, la seconde inscrivant

4. La notation en chiffres arabes employée par l'auteur renvoie en réalité à des objets similaires à GI et GII

5. Parzysz n'opère pas ici la distinction que nous avons adoptée entre dessin et figure.

l'objet reconnu dans un référentiel permettant son interprétation.

Dans le cas de la visualisation iconique, cette identification est assurée par ressemblance entre le dessin observé, du point de vue de la forme, et un objet de référence. Le terme iconique est à considérer ici, en référence aux travaux de Peirce, comme une “*présence de l'objet dans le signe*” (Darras, 1997, p. 31).

La représentation est ainsi identifiée à un objet déjà vu, réel, et la forme est un profil stable qui ne peut subir de transformation. En effet, toute transformation modifiant le contour modifierait aussi la nature de l'objet observé. Toutes les propriétés sont liées au contour de la forme, dont il est difficile de se détacher pour envisager les éléments constitutifs de la figure séparément. La visualisation iconique repose donc en grande partie sur la constitution d'un “herbier” rassemblant des configurations prototypiques différenciables et identifiables. Duval souligne cependant certaines nuances, en distinguant deux approches :

- Celle du botaniste consiste à reconnaître et nommer les formes élémentaires, observer des différences et des similitudes. Cela correspond à des activités non géométriques, et où la validation repose sur la superposition de formes.
- Celle de l'arpenteur-géomètre repose sur la mise en correspondance de deux échelles de grandeur — par exemple la distance réelle et le plan. Il est possible de mobiliser des propriétés géométriques, mais leur emploi est subordonné à des impératifs de mesure uniquement. Quant à elle, la validation repose sur des identités de mesures — éventuellement après une mise à l'échelle.

Dans ces deux cas, le dessin n'a pas pour fonction de représenter un objet d'étude de nature différente mais il est lui-même objet d'étude, ou reproduction à l'identique — éventuellement à l'échelle — de cet objet. En conséquence, cette appréhension limite fortement les possibilités d'apprentissage de la géométrie (Duval, 2005, p. 15) :

- La reconnaissance étant centrée sur le contour d'une zone ou d'une surface, une forme c'est d'abord un profil. Cela veut dire que toutes les propriétés qui ne sont directement liées au contour caractéristique d'une forme (celles liées aux diagonales des quadrilatères remarquables) restent hors champ et donc moins facilement mobilisables quand les énoncés de problèmes ne les mentionnent pas explicitement. Cela veut dire aussi qu'il y a une résistance à sortir du contour fermé de la figure, en prolongeant par exemple les côtés pour faire apparaître les droites sous-jacentes.

- Les formes apparaissent comme étant stables. Elles ne sont donc pas vues d’une manière qui permette de les transformer en d’autres formes semblables ou, surtout, différentes. [...]
- La dissociation entre les opérations constituant l’acte de voir est d’autant plus nécessaire qu’il peut y avoir conflit entre la reconnaissance des formes par simple ressemblance à un exemple type et l’identification de l’objet auquel correspond la forme reconnue. Car les relations constitutives des objets ne sont pas des propriétés dont la présence peut être décidée d’un simple coup d’œil. La visualisation ne permettant pour les relations entre deux unités figurales qu’une estimation perceptive sujette à illusion et avec des seuils de discernabilité étroits.

Cette appréhension coïncide donc nécessairement avec une absence de prise en compte de la figure. Se référer à une géométrie de type GII — GII/GI ou GII/gI — exigerait de pouvoir envisager cet objet théorique comme représenté par le dessin, et de fait la démonstration ne peut prendre de sens pour produire des résultats concernant le dessin.

En revanche, elle permet de reconnaître un objet d’un seul coup d’œil, ce qui lui confère une grande efficacité dans bien des cas. Il s’agit notamment de l’identification d’objets connus, qu’il n’est ainsi pas nécessaire d’étudier de nouveau, et ce quelque soit le sujet considéré : identifier un parallélogramme pour un élève de lycée, ou un flocon de Von Koch pour un mathématicien, relèvent l’un comme l’autre de la visualisation iconique. Celle-ci n’est donc pas problématique par essence, et intervient même dans l’activité du “mathématicien professionnel”, c’est en fait le rôle qu’elle joue dans l’interprétation des problèmes et leur résolution qu’il faut interroger.

La visualisation iconique offre donc une première piste d’interprétation de la coexistence de deux modes de résolution chez les élèves. Le premier permet de constater sur le dessin et donc de satisfaire ce mode de visualisation, tandis que le second — la démonstration, ou du moins une preuve plus formalisée — permet de satisfaire l’institution. Dans le cas où la visualisation iconique prédomine, la valeur épistémique de la démonstration est bien plus faible. Ainsi, il est parfaitement possible de rejeter son résultat sous prétexte qu’il semble contradictoire avec l’observation visuelle.

Il est essentiel, pour résoudre des problèmes de géométrie, de pouvoir opérer sur des dessins envisagés comme des représentants. Ces opérations sont permises par la visualisation non-iconique.

La visualisation non-iconique

La caractéristique essentielle de ce type de visualisation est la capacité qu'elle offre à opérer sur les objets par *déconstructions*. Avant toute chose, il convient de signaler que parler de *déconstruction* vise en fait l'opération inverse : un objet est déconstruit, mais cette opération est totalement conditionnée par sa *reconstruction* qui est le seul objectif visé :

Autrement dit l'activité de construction de figures [...] repose sur leur déconstruction en tracés[...]. *Mais dans cette activité de déconstruction toute l'attention porte sur la reconstruction[...]*

(Duval, 2005, p. 17)

Pour la visualisation non-iconique, la forme des objets n'en est plus définitoire, elle est le résultat d'une construction, d'un assemblage d'autres objets régi par certaines contraintes. Nous adopterons la terminologie désignant comme *unités figurales* ces composantes élémentaires dont l'assemblage produit la figure. Ce seront notamment des points, droites, segments, cercles, polyèdres, etc. Leur caractère "élémentaire" n'a donc rien d'absolu, et sera fortement dépendant d'un contexte incluant notamment la dimension de l'espace et le sujet.

Définition 1

On appellera par la suite "unité figurale nD/mD" une unité figurale de dimension n plongée dans un espace à m dimensions.

Par exemple, un point représenté dans le plan sera une unité figurale 0D/2D. Un segment, une unité figurale 1D/2D s'il est représenté dans le plan, 1D/3D s'il est représenté dans l'espace.

Dans ce contexte, il devient possible pour les dessins d'être des représentations d'objets théoriques, et non plus des reproductions. Ils peuvent être le lieu d'élaboration d'une heuristique s'appuyant sur des opérations effectuées — matériellement ou virtuellement — sur les dessins. Duval propose de distinguer ces opérations selon un critère fondamental d'un point de vue mathématique, à savoir l'ajout de tracés.

En effet, il est spécifique aux mathématiques d'étudier un dessin en ajoutant des tracés — par exemple des droites — aux représentations : cela n'aurait pas de sens en botanique, et ceci est donc une caractéristique de la visualisation non-iconique. Le fait qu'une déconstruction s'appuie sur de telles opérations est donc particulièrement significatif relativement au rapport qu'entretient le sujet avec la représentation, mais il faut ici encore distinguer deux nuances (Fig. 1.1, p. 16).

Pour le *constructeur*, les représentations doivent être constructibles à l'aide d'instruments et non pas à main levée, car celui-ci requiert des formes visuelles ayant certaines propriétés géométriques. Par la manipulation des instruments, il est alors possible de prendre conscience que les propriétés géométriques ne sont pas des caractéristiques perceptives, mais des contraintes de construction. Les tracés qui sont alors introduits sont des *tracés auxiliaires*, c'est-à-dire des tracés sur lesquels s'appuient la procédure de construction.

L'*inventeur-bricoleur* est confronté à des problèmes classiques comme découper un triangle pour obtenir, par reconstruction, un parallélogramme, ou bien dupliquer un carré. Ces problèmes exigent une déconstruction visuelle des formes perceptives vues au départ, ainsi qu'une capacité essentielle désignée par Duval comme une condition nécessaire à l'analyse heuristique : “ajouter des tracés supplémentaires à une figure⁶ de départ (c'est-à-dire celle qui accompagne un énoncé de problème, ou que l'on peut construire à partir d'un énoncé de problème) afin de découvrir sur la figure une procédure de résolution” (Duval, 2005, p. 12). Ces tracés introduits sont des *tracés réorganisateurs*, et leur fonction est profondément différente.

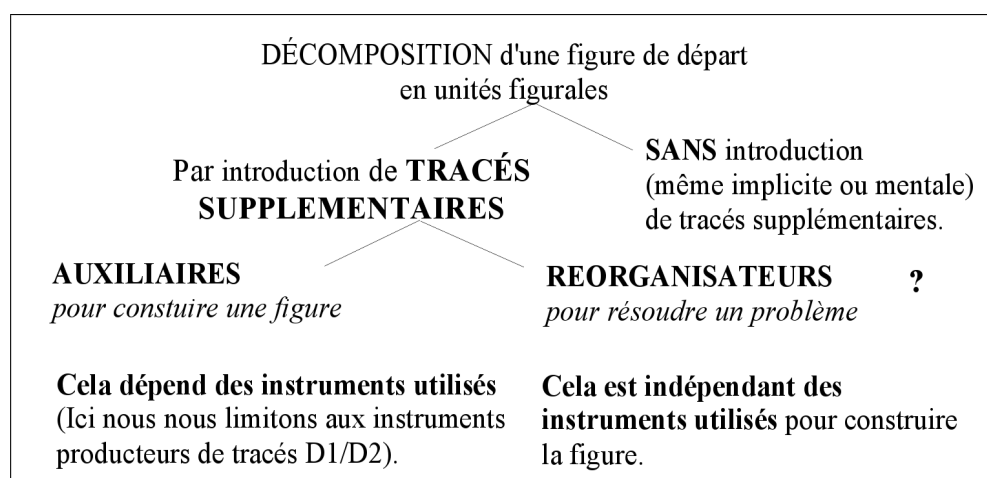


FIGURE 1.1 – Tracés dans la procédure de résolution (Duval, 2005, p. 16)

La perspective éducative qui est la nôtre nous conduira par la suite à opérer des classifications différentes, qui ne seront pas basées avant tout sur des considérations cognitives. En revanche, nous choisissons de conserver ici la classification proposée par l'auteur, qui nous permettra de mettre en relief les interactions que nous proposerons pour ces deux modes de résolution.

6. Duval n'opère pas la distinction entre dessin et figure que nous avons adoptée. Il faut donc considérer ce terme dans son acception courante de “représentation”.

Ajout de tracés auxiliaires : la déconstruction instrumentale

La déconstruction instrumentale occupe un rôle secondaire dans les considérations de Duval (2005), dans la mesure où il considère qu'elle relève essentiellement de l'appréhension de problèmes de construction, mais ne joue pas de rôle comparable à la déconstruction dimensionnelle des formes (que nous expliciterons par la suite) dans la résolution de problèmes mathématiques⁷. De notre point de vue en revanche cette notion joue un rôle central, tant dans le traitement des dessins que dans l'appréhension des problèmes de géométrie⁸. La définition que nous proposons ici empruntera donc aux distinctions opérée par Duval (2005), ainsi qu'à la notion — proche — d'appréhension séquentielle (Duval, 1994, p. 125).

La déconstruction instrumentale permet de répondre à la question suivante : “*Comment (re)construire le dessin avec un ensemble donné d'instruments ?*”. Cette déconstruction est à mettre en regard avec l'approche de type “constructeur” et l'*appréhension séquentielle* :

Il y a un ordre de prise en compte des unités figurales qui entrent dans la construction d'une figure. Cet ordre dépend des propriétés mathématiques à représenter et des contraintes techniques des instruments utilisés (logiciels, règle et compas...)

(Duval, 1994, p. 125, à propos de l'appréhension séquentielle)

[...] quand une forme visuelle n'est pas directement produite par un instrument, plusieurs opérations de traçage sont alors nécessaires pour l'obtenir et il y a un ordre pour ces opérations. Ne pas en tenir compte rend la construction impossible.

(Duval, 2005, p. 17, à propos de l'approche de type constructeur)

Selon l'auteur, le traitement cognitif correspondant met en jeu des unités figurales qui n'appartiennent pas au dessin, et qu'il faut donc lui adjoindre, et produit des rétroactions liées tant aux propriétés mathématiques qu'aux possibilités techniques. On peut par exemple penser à la “hiérarchie de dépendance” qu'induisent les logiciels de géométrie dynamique (Jones, 2000).

7. En fait, l'auteur récuse même la paternité de cette formule, dont il estime qu'il s'agit plus d'une “maladresse de langage” que d'une réelle volonté de désigner un type de déconstruction. (communication personnelle) Nous conserverons néanmoins cette terminologie

8. Il apparaît en effet que le développement des mathématiques a été grandement contraint par les possibilités techniques et l'usage d'outils. On peut penser à ce titre à la proposition suivante : “ *It would be an interesting exercise to rewrite the history of geometry teaching and learning, or even of mathematics as a history of available tools.*” (Laborde et Sträßer, 2010, p. 121)

L'objet étudié est donc conçu comme le résultat d'un processus de construction faisant intervenir des instruments spécifiques assurant une régularité⁹ au tracé, et conditionnant sa production. Les propriétés géométriques sont ici des contraintes de construction qui assurent le bon déroulement d'un processus, plus que la cohérence de l'objet lui-même.

La définition que nous adopterons pour la déconstruction instrumentale présentera certaines différences, ce pour deux raisons principales.

D'une part, notre définition s'attachera à la dimension procédurale, c'est-à-dire à la mise en œuvre de la déconstruction instrumentale elle-même afin d'être en mesure d'en déterminer des observables.

D'autre part, la réflexion de Duval (1994, 2005) est essentiellement centrée sur le traitement du dessin. Il nous faut en revanche permettre un regard cohérent sur le travail géométrique dans sa globalité : sur le traitement des objets matériels bien entendu, mais aussi sur celui des objets géométriques. Nous serons donc conduits à proposer une définition pertinente tant pour la *déconstruction instrumentale d'un dessin* que pour la *déconstruction instrumentale d'une figure* ou d'un objet géométrique. Nous adopterons donc la définition suivante :

Définition 2

*Nous définirons une déconstruction instrumentale d'un objet comme l'identification d'un ensemble d'unités figurales indépendantes, les **primitives**, et d'une succession d'actions effectuées grâce à l'usage d'instruments, permettant de reconstruire soit l'objet lui-même, soit une représentation graphique de cet objet.*

Un point essentiel, qu'il convient de souligner, est la forte dimension temporelle de cette déconstruction, et de la description du dessin qui en résulte : il s'agit d'un enchaînement, dans un ordre donné, d'actions.

Ainsi, par exemple, un carré peut être envisagé comme le résultat de la procédure suivante : tracer une droite, puis deux points, deux perpendiculaires, deux cercles, et une droite passant par les deux points d'intersection (Fig. 1.2). Bien entendu de multiples déconstructions instrumentales sont envisageables pour le même objet, et l'équivalence de deux déconstructions — ou, ce qui revient au même, du résultat donné par deux protocoles — peut n'avoir rien de trivial. Par exemple, pour un objet aussi familier que le carré, il peut n'être pas évident que la seconde déconstruction soit équivalente (Fig. 1.3) : tracer une droite, une droite perpendiculaire, un cercle de centre le point d'intersection (le premier sommet), le milieu des deux points

9. il s'agit ici d'une régularité graphique : l'objet est perçu comme uniformément rectiligne, ou uniformément rond, ce qui en soi permet de le différencier d'un tracé réalisé à main levée

d'intersection, le symétrique du premier sommet par rapport à ce milieu. Établir une telle équivalence suppose d'autres processus, sur lesquels nous nous attarderons par la suite.

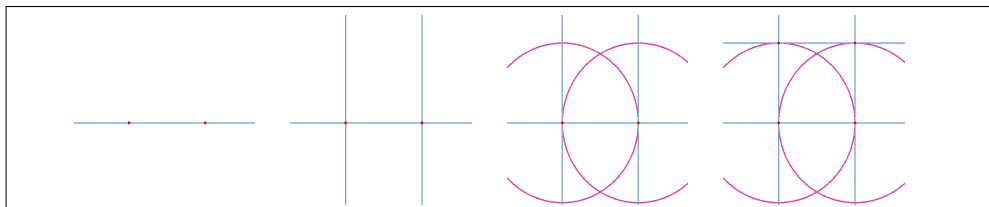


FIGURE 1.2 – Une déconstruction instrumentale du carré

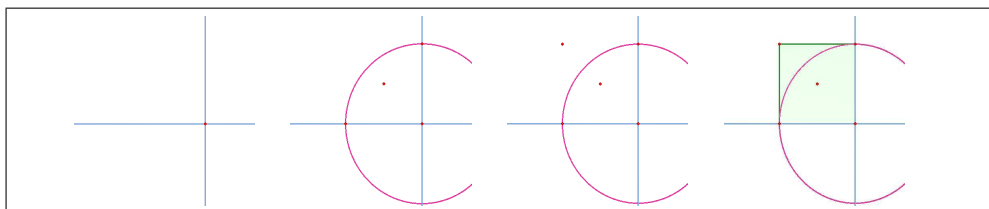


FIGURE 1.3 – Seconde déconstruction instrumentale du carré

Ajout de tracés réorganisateur : la division méréologique

La division méréologique est la première des deux opérations permise par l'ajout de tels tracés. Il ne s'agit plus ici d'identifier une procédure de construction permettant de produire un objet existant, mais de faire apparaître des indices visuels permettant de résoudre des problèmes de nature profondément différente :

Le problème du partage d'un triangle en un seul coup de ciseau de manière à assembler les deux morceaux en un parallélogramme en est l'exemple typique. Il s'agit de transformer un triangle en un parallélogramme par l'ajout d'un tracé supplémentaire. Il s'agit donc là de la déconstruction d'une forme visuelle de base pour obtenir une autre forme visuelle de base. Et le choix de ce tracé supplémentaire va dépendre de la manière dont les deux parties du triangle obtenues par ce tracé vont permettre de les réassembler sous la forme d'un parallélogramme. Il s'agit évidemment d'une déconstruction qui est sans rapport avec la déconstruction impliquée dans la construction des figures. Car le choix de ce tracé est indépendant de la manière dont le triangle peut être construit et il n'y a rien de commun entre ce tracé supplémentaire à trouver et les tracés auxiliaires. Nous appellerons "tracés réorganisateur" tous les tracés permettant de

réorganiser une figure donnée en vue d’y faire apparaître des formes non reconnaissables dans cette figure donnée. L’utilisation heuristique d’une figure dépend évidemment de la capacité à “voir” les tracés réorganisateurs possibles.

(Duval, 2005, p. 18)

La division méréologique consiste alors à faire apparaître certaines caractéristiques d’un objet observé par division en unités figurales de même dimension que cet objet, puis recombinaison. Elle permet de mettre en relation des objets visuellement très différents afin de dégager des procédures de résolution, comme par exemple pour certaines démonstrations du théorème de Pythagore (Fig. 1.4, p. 21).

Si cette opération perd la dimension “constructive” et temporelle de la déconstruction instrumentale, il faut souligner qu’elle peut parfaitement s’effectuer sans l’apport d’un discours mathématique, et ne consister qu’en une première exploration visuelle du dessin. En outre, elle correspond à une opération matérielle — par découpage et collage — exercée sur ce dessin. Cela offre ainsi un guide pour la résolution de problèmes, mais bien qu’elle puisse permettre d’identifier des propriétés qui n’était pas apparentes initialement¹⁰, cette division méréologique n’est pas centrée sur les relations liant les unités figurales constituant l’objet étudié — ou la figure, le cas échéant.

En ce sens, elle se distingue fortement, de notre point de vue, des deux déconstructions, instrumentale que nous avons présentée auparavant, et dimensionnelle que nous détaillerons par la suite. Pour cette raison, nous lui accorderons une importance moindre dans notre étude, sans toutefois l’omettre totalement¹¹.

Ajout de tracés réorganisateurs : la déconstruction dimensionnelle

Duval (2005) considère à la fois que la déconstruction dimensionnelle des formes est la *manière de voir requise en géométrie* et qu’elle correspond au *fonctionnement profond de la visualisation en géométrie*. Elle a ceci de spécifique qu’elle est intrinsèquement liée à une activité discursive et qu’elle ne peut donc s’opérer sans changement de système de représentation.

La déconstruction dimensionnelle consiste à considérer l’objet étudié comme un assemblage d’unités figurales de dimensions inférieures et non nécessairement toutes égales. La cohérence de cet assemblage est assuré par

10. La *Gestalttheorie* montre que la reconnaissance de propriétés s’effectue *contre* d’autres propriétés, l’ensemble étant fortement lié à l’organisation visuelle des tracés.

11. On pourra par exemple remarquer que la subdivision du problème portant sur la reconstruction de prisme (Fig. 2.7, p. 65) correspond à une division méréologique du dernier problème, dont nous assumons la charge à la place de l’élève.

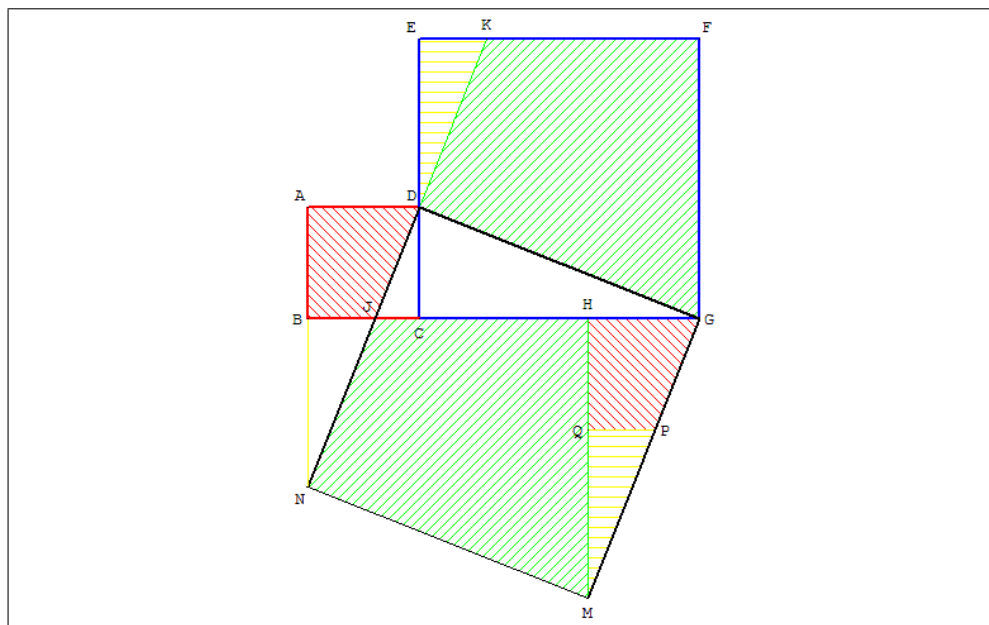


FIGURE 1.4 – Démonstration du théorème de Pythagore par division méréologique et reconfiguration

des relations entre les unités figurales. Le géomètre envisagera ces “relations” comme étant la manifestation de propriétés géométriques, mais bien qu’un tel vocable puisse être trompeur. En effet, la déconstruction dimensionnelle *stricto sensu* s’effectue avant tout sur le dessin, et rien ne permet de supposer *a priori* qu’elle renvoie à un travail portant sur les objets géométriques.

Par exemple dans un logiciel de géométrie dynamique, l’interprétation de “deux points bougent en même temps” peut mettre en relation ces deux points par des propriétés qui doivent plus à la mécanique qu’aux propriétés géométriques. Nous utiliserons donc *relations* pour éviter toute confusion, en gardant à l’esprit que cela inclut les propriétés géométriques.

L’auteur n’intègre pas explicitement les relations entre unités figurales dans la déconstruction dimensionnelle, mais nous attribuons ceci au fait que son propos est centré sur les modes d’examen visuel de représentations planes de polygones, c’est-à-dire sur un point de vue essentiellement cognitif quand le nôtre est essentiellement mathématique. Néanmoins, il semble que celles-ci soient indissociables d’une décomposition des polygones en réseaux de droites, et qu’elles soient malgré tout intégrées en filigrane à la déconstruction dimensionnelle elle-même, comme en témoignent ces deux extraits :

La manière mathématique de voir les figures consiste à décomposer n’importe quelle forme discriminée, c’est-à-dire reconnue comme une forme $nD/2D$, **en unités figurales d’un nom-**

bre de dimensions inférieur à celui de cette forme.

Ainsi la figure d'un cube ou d'une pyramide (3D/2D) est décomposée en une configuration de carrés, de triangles, etc. (unités figurales 2D/2D). Et les polygones sont à leur tour décomposés en segments de droites (unités figurales 1D/2D).

(*ibid.*, p. 20)

Soulignons ici l'usage du mot "configuration" qui suggère une organisation des unités figurales, plutôt qu'un terme tel que "ensemble" qui n'en porterait pas. Nous pouvons en outre penser à l'usage fait en didactique des mathématiques de ce mot, qui désigne lui aussi un assemblage d'objet selon des modalités précises¹².

Avec la déconstruction dimensionnelle la figure¹³ n'est plus qu'une configuration particulière et transitoire parce que contextuellement détachée d'un réseau ou d'une organisation plus complexe, le détachement d'une figure particulière étant commandé par l'énoncé du problème. Autrement dit toute figure, en géométrie plane, est une configuration transformable en d'autres, chacune se détachant d'une même trame, au gré des propriétés ou des objets que l'on nomme.

De fait, dans ce propos, la déconstruction dimensionnelle consiste en un travail sur le dessin. Pour qu'une configuration soit "transformable en d'autres", il faut éventuellement changer les unités figurales observées, mais aussi leur organisation, ce qui achève de nous inciter à inclure les relations entre unités figurales — en l'occurrence des propriétés géométriques — dans notre définition de la déconstruction dimensionnelle.

Dans notre propos, nous adopterons une définition légèrement différente, qui nous autorisera à parler de la déconstruction dimensionnelle d'un dessin, mais aussi d'une *figure* — selon l'acception que nous avons adoptée.

Définition 3

Nous définirons par la suite la déconstruction dimensionnelle d'un objet comme un couple ($\{\text{unités figurales}\}, \{\text{relations}\}$).

Effectuer cette opération sur un dessin, c'est ainsi rattacher un dessin à

12. Cette notion de configuration est utilisée pour désigner le couple (dessin, propriété) où le dessin est une illustration de cette propriété. Ainsi, on parle de configuration de Thalès [...] A. Robert (1995) présente la notion de configuration comme un synonyme de figure lorsque celle-ci est d'usage fréquent. Parmi ces configurations, certaines sont désignées par "configurations de bases[...]": "*De plus, certaines configurations très fréquentes et ayant des propriétés remarquables sont quelquefois appelées 'configurations de base' pour souligner l'importance de les reconnaître dans des figures plus compliquées, les propriétés devant leur être à l'automatiquement associées.*" (Chaachoua, 1997, p. 37)

13. Rappelons que Duval n'opère pas dans son propos la distinction entre dessin et figure, et qu'il faut ici lire "dessin".

un couple ($\{\text{unités figurales}\}, \{\text{relations}\}$) dont il peut être un représentant. L'effectuer sur une figure, c'est déterminer un tel couple permettant une description de la figure elle-même.

Cela introduit un renversement de point de vue sur la déconstruction dimensionnelle, selon qu'elle concerne le dessin ou la figure. Dans le premier cas, il s'agit de décrire le dessin par un couple permettant de renvoyer à une figure qu'il décrirait potentiellement. Dans le second, il s'agit de déterminer un couple cohérent avec la figure — c'est-à-dire qu'il permet de décrire exhaustivement ses propriétés —, permettant à son tour éventuellement de la relier à une représentation.

Ainsi, la déconstruction dimensionnelle d'une représentation de carré peut être un couple ($\{\text{segments}\}, \{\text{identités de longueur, orthogonalité}\}$) si elle est vue comme un carré, ou un couple ($\{\text{segments}\}, \{\text{identités de longueur}\}$) si elle est vue comme un losange. La déconstruction dimensionnelle de la figure "carré" peut être le même couple ($\{\text{segments}\}, \{\text{identités de longueur, orthogonalité}\}$), mais aussi ($\{2 \text{ segments, centre, point}\}, \{\text{identités de longueur, orthogonalité, symétrie}\}$) (sur le modèle de la figure 1.3) s'il est établi que les deux déconstructions dimensionnelles décrivent la même figure.

La description de cette opération comme d'un processus "*essentiellement discursif*" prend ici toute son ampleur. En effet, il s'agit d'une part de produire un discours offrant un lien entre le dessin et la figure. Mais d'autre part, le travail sur les produits de déconstructions dimensionnelles, qui est nécessaire pour que celles-ci soient productives, est opéré par un discours adapté, qui s'effectue dans une géométrie de type au moins GII.

Définition 4

*Nous qualifions de **congruentes** deux déconstructions dimensionnelles dont l'une peut être transformée en l'autre par des règles hypothético-déductives exercées à l'intérieur d'une même axiomatique. En d'autres termes, il s'agit de déconstructions renvoyant à la même figure.*

Le hiatus dimensionnel

Duval (2005, 1994) montre le hiatus qui oppose le mode "naturel" d'appréhension des dessins et la déconstruction dimensionnelle, qui est la manière de voir requise en géométrie. Il apparaît que, en géométrie plane, l'examen visuel s'attache en premier lieu aux unités figurales de dimension la plus grande — c'est-à-dire généralement 2D/2D :

On remarque tout de suite le caractère hétérogène des unités figurales : elles ne présentent pas toutes le même nombre de dimension. [...] Cette hétérogénéité n'entraîne cependant aucune ambiguïté pour l'appréhension perceptive des unités figu-

rales. Il y a en effet une prédominance des unités de dimension 2 sur les unités de dimension inférieure, prédominance que la loi gestaltiste de clôture (ou de continuité) explique ainsi : lorsqu'un stimulus possède un contour simple et fermé, il se détache comme formant un tout.

(Duval, 1995, pp. 177 - 178)

L'accès à l'objet géométrique nécessite d'opérer une déconstruction dimensionnelle pour envisager l'objet représenté comme un assemblage d'unités figurales. En revanche, en règle générale l'approche privilégiée par l'enseignement s'intéresse d'abord aux unités figurales de dimension inférieure envisagées initialement comme constituants de l'objet représenté. (Voir Fig. 1.5) Cette prise en charge de la déconstruction dimensionnelle est, selon l'auteur, contre productive car elle ne permet pas d'établir un lien entre le fonctionnement "normal" de la visualisation et le fonctionnement requis en géométrie :

Cela va donc en sens contraire du travail long et nécessaire de déconstruction dimensionnelle pour entrer dans la compréhension des connaissances géométriques. Privilégier cet ordre revient à faire comme si la déconstruction dimensionnelle était évidente, alors qu'elle est contraire au fonctionnement normal et intuitif de la visualisation.

(Duval, 2005, p. 47)

L'auteur parle pour désigner ce hiatus d'une "contradiction cognitivement paralysante", à laquelle il faudra de fait prêter attention pour la suite de notre étude.

1.1.3 Des réponses de l'enseignement : trois grandes orientations

Ce problème du rapport au dessin n'a rien de neuf et a suscité un grand nombre d'interrogations. Un examen rapide des réponses proposées nous permet d'identifier trois grandes orientations, qui ne s'excluent pas mutuellement :

- limiter le rôle des représentations dans l'activité géométrique ;
- changer le statut des représentations ;
- changer le type de représentations utilisées.

Affaiblir le rôle des représentations

Une première réponse consiste à affaiblir le rôle du dessin dans l'activité géométrique. Un exemple illustrant ce propos est la réforme des "mathématiques modernes" qui a cherché à supprimer toute référence au dessin et

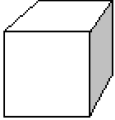
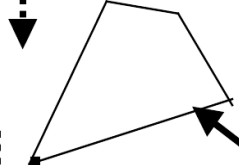
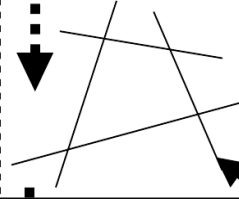

NOMBRE DE DIMENSIONS	VISUALISATION	DISCOURS «FORMEL» D'EXPOSITION
3D/2D		Un polyèdre
2D/2D		Un polygone qui est soit une FACE de polyèdre soit la FIGURE OBTENUE PAR UN PLAN D'INTERSECTION d'un autre polyèdre
1D/2D		Les droites ayant entre elles des relations (PERPENDICULAIRES, PARALLELES, CONCOURANTES etc) permettant de distinguer les propriétés de polygone et les droites se réduisant à des segments . D'où la possibilité de les comparer et la notion de MILIEU
0D/2D		Les Points qui peut être d'intersection de droites, ou sommets d'un polygone Et qui ne sont pas ceux arbitraires que l'on marque sur une droite ou sur un plan et qui apparaissent indépendants

FIGURE 1.5 – Hiatus dimensionnel (Duval, 2005, p. 47)

instituer une géométrie formelle et axiomatisée dès la classe de 4^e. Cependant, cela est particulièrement délicat, dans la mesure où le changement de point de vue est brutal : la géométrie peine à se passer de dessins, sauf à se centrer sur la démonstration en tant qu'exercice formel. On voit d'ailleurs qu'à la suite de cette réforme, l'institution a demandé rapidement un retour des représentations.

Changer le statut des représentations

Une seconde option consiste à produire des situations dans lesquelles le statut du dessin est modifié. Par exemple, dans les travaux de Jones (2000), la sixième tâche (ibid, p.67) consiste à une classification de polygones en "familles". La résolution finale ne peut s'opérer que sous une forme langagière, ce qui décentre le point de vue. On peut aussi prendre en considération l'utilisation de débats dans les enseignements de géométrie. Ce type de proposition présente un grand nombre d'avantages. Il motive l'articulation d'une représentation graphique et d'une représentation langagière, ce qui permet de faire émerger des problématiques portant sur des aspects conceptuels.

Changer le type de représentation

La troisième orientation que nous pouvons mentionner consiste à influencer sur la nature des représentations et des artefacts¹⁴ employés dans l’enseignement de la géométrie. C’est par exemple le cas des travaux menés sur l’usage des figures fausses (Coppe *et al.*, 2005; Gobert, 2007) : modifier la nature des représentations proposées affecte leur statut dans l’activité mathématique même des élèves. Berthelot et Salin (1992) proposent pour leur part de s’appuyer conjointement sur le micro-espace et le macro-espace pour traiter “le même” problème (par exemple les problèmes “rectangles” et “bancs”). Un autre exemple nous est fourni par la variété des représentations utilisées en géométrie dans l’espace — représentations planes, solides, maquettes, *Polydrons*, patrons, etc. —, qui peut s’interpréter d’une manière similaire.

La nature des artefacts peut elle-aussi être sujette à des variations, et si l’apparence graphique des représentations n’en est pas nécessairement affecté, leur traitement peut être bouleversé. Il peut s’agir du traitement du point de vue de la production, c’est-à-dire des processus instrumentaux mis en œuvre, dont on sait que leur nature porte à conséquences comme l’a montré la théorie instrumentale (Rabardel, 1995). Il peut aussi s’agir du traitement du point de vue de l’organisation des signes visuels en registres sémiotiques (Duval, 1995) : que donnent-ils à voir ? que peuvent-ils prendre en charge ? quelles opérations permettent-ils ? etc. On peut penser aux différences entre des constructions faites à l’aide d’une règle graduée, une règle où le report de mesure est possible, ou une règle muette. Enfin, les travaux réalisés à l’université de Modène sur l’utilisation de *machines mathématiques* soulignent les potentialités offertes par l’étude du fonctionnement d’artefacts construits selon des contraintes géométriques¹⁵.

C’est dans ce contexte qu’il faut considérer la géométrie dynamique a permis d’envisager les représentations et le travail sur celles-ci d’une manière profondément différente. Concernant des représentations, le déplacement permet de séparer les propriétés conjoncturelles — par exemple, un triangle qui aurait l’air rectangle, sans que ce soit pertinent — des propriétés constitutives. Ces dernières apparaissent comme des invariants du déplacement, ce qui conduit certains auteurs à parler de *réification* des propriétés géométriques.

En outre, les outils de construction *embarquent* des connaissances mathématiques, et traduisent des relations théoriques. Leur usage ou leur étude n’est pas neutre en ce sens.

14. Au sens de Rabardel (1995)

15. <http://www.math.ens.fr/culturemath/materiaux/maschietto/maschietto.htm>

1.1.4 Affaiblissement du dessin et déconstruction dimensionnelle.

Outre la nature d'un décalage existant entre l'approche d'élèves et celle de l'institution, que nous avons caractérisée à l'aide des paradigmes géométriques, nous sommes en mesure de nous interroger sur ses causes potentielles. Il semble que l'origine de ce malentendu soit une difficulté fondamentale pour les élèves à dépasser la visualisation iconique et à entrevoir la déconstruction dimensionnelle, ne serait-ce que comme outil de résolution. Même si l'activité discursive attendue peut exister — parce que rares sont les élèves de fin de lycée incapables de produire une “démonstration”, ou du moins un texte qui en adopte les codes —, elle ne répond pas nécessairement aux mêmes problèmes que le travail sur le dessin.

Qui plus est, la déconstruction dimensionnelle apparaît comme une condition nécessaire au travail en géométrie. Son aspect discursif permet de donner sens à une géométrie axiomatisée, et de travailler sur la figure en articulant l'objet géométrique avec ses représentants.

Retour sur l'affaiblissement du dessin

L'affaiblissement du dessin, que proposent de nombreux travaux de didactique, peut s'interpréter en ce sens. La visualisation iconique faisant obstacle au passage vers le travail géométrique attendu par l'institution, empêcher son fonctionnement constitue *a priori* une perspective prometteuse. C'est dans ce sens que nous pouvons par exemple penser à l'apparition de *dessins faux* dans les manuels scolaires, même si Gobert (2007) et Coppe *et al.* (2005) ont montré qu'ils n'étaient pas sans poser de difficultés, elles aussi liées au statut du dessin.

Cependant, nous avons pu observer que le passage vers la géométrie déductive ne peut se limiter à la seule impossibilité d'utiliser les dessins, auquel cas il pourrait s'agir de “déterminer ce qu'on pourrait lire sur un dessin qui aurait été correctement réalisé”. Comme le signale Parzysz (2006), il ne peut se restreindre au seul abandon de GI.

La déconstruction dimensionnelle, d'une part, “correspond au fonctionnement profond de la visualisation en géométrie” (Duval, 2005, p. 24), et d'autre part, elle semble fournir le matériau nécessaire à l'exercice de la géométrie déductive, comme nous l'avons signalé précédemment (1.1.2, p. 23). Nous nous accordons donc avec l'auteur pour considérer que son émergence doit être prise en charge, de manière assumée, par l'enseignement.

Délimitation de notre étude

Ce point de vue nous conduit à circonscrire les enjeux de notre étude à la lumière des outils théoriques que nous avons exposés.

La problématique de la démonstration, ou du moins de la preuve en mathématiques, a été un point d'entrée pour notre réflexion. Pour autant, nous ne l'avons pas considérée pour elle-même, en tant qu'objet d'étude, ni comme la visée de nos interrogations théoriques. Il apparaît en effet que le travail de la démonstration conjugue deux difficultés majeures.

La première est le problème de l'émergence d'une preuve comme moyen de convaincre, d'explicitier, d'interagir avec un environnement social, et s'intéresse ainsi à sa valeur épistémique envisagée comme motivation épistémologique d'une *intellectualisation* et d'une formalisation de la preuve.

La seconde difficulté, moins directe et immédiate, est relative aux objets qui sont enjeux de la preuve. La problématique de la preuve intervient alors après l'élaboration d'un contexte à l'intérieur duquel elle serait, sinon nécessaire, tout du moins utile. Ce point de vue ne s'intéresse donc pas tant à la démonstration qu'à des transformations de la *géométrie* aux yeux de l'élève : passage dessin-figure, signification des propriétés géométriques, rapports entre les différentes entités géométriques... C'est cette difficulté qui nous animera ici.

Nous chercherons à étudier des conditions permettant à une géométrie de type GII d'occuper une place prépondérante dans l'activité géométrique de l'élève, c'est-à-dire à la fois dans l'interprétation des problèmes de géométrie, dans leur résolution et leur validation. L'intérêt que nous porterons à la déconstruction dimensionnelle sera justifiée par l'hypothèse de recherche suivante :

Hypothèse de recherche 1

L'émergence, chez l'élève, de la déconstruction dimensionnelle est à même de susciter un ancrage de son activité dans une géométrie de type GII.

Cette hypothèse découle de nos considérations précédentes, où la déconstruction dimensionnelle apparaît à la fois comme une *condition nécessaire* pour qu'une axiomatisation de la géométrie puisse prendre sens — elle offre en somme un support à GII — et une condition favorable à son émergence, dans la mesure où GII offre des outils cohérents avec le caractère discursif de la déconstruction dimensionnelle.

Nous chercherons donc dans cette étude à **caractériser un milieu favorisant l'émergence de la déconstruction dimensionnelle dans l'activité géométrique de l'élève**. Il nous faudra en outre proposer des situations d'enseignements nous permettant à la fois de proposer une mise

en œuvre de nos hypothèses portant sur le milieu et de les mettre à l'épreuve.

Une seconde hypothèse de recherche

L'hypothèse de recherche que nous formulerons ici sera la conséquence directe de nos considérations précédentes.

Il est apparu que la force des informations visuelles engendre un frein important au passage vers une géométrie prenant en compte la figure et ne s'appuyant pas exclusivement sur les informations lues sur le dessin. En effet ces informations permettent à la visualisation iconique d'être opératoire, et en ce sens elles la confortent. Cette visualisation iconique constitue une difficulté essentielle puisqu'elle bloque l'activité géométrique dans un mode où la lecture sur le dessin constitue le mode privilégié de résolution plutôt qu'un support à l'étude heuristique.

Ainsi, il apparaît fondamental de déstabiliser ce recours à la visualisation iconique, et par une sorte de contraposée du raisonnement précédent, exercer des contraintes fortes sur les informations visuelles utilisables par les élèves semble un préalable incontournable.

Cependant, nous avons mentionné que ce simple fait peut n'être pas suffisant, et on pensera par exemple à l'incapacité de certains élèves à traiter les problèmes de géométrie dans l'espace — nous reviendrons sur ce point — pour la raison qu'ils *ne voient plus!* Nous devons dès lors chercher à caractériser les contraintes que nous souhaitons exercer : dans quelle mesure faut-il déstabiliser l'évidence visuelle ? Jusqu'à quel point ? Que faut-il proposer pour compenser cette perte d'information tout en conduisant les élèves à se détacher des dessins ? Nous résumerons ces considérations de la manière suivante.

Hypothèse de travail 1

Limiter, pour l'élève, les possibilités de lecture des informations sur le dessin déstabilise fortement le recours à la vision iconique et peut conduire, sous de bonnes conditions, à ne plus privilégier ce type de visualisation pour la résolution de problèmes de géométrie.

Notre étude devra donc s'intéresser d'une part au moyen de remettre en question le rôle de la visualisation iconique et d'autre part à ces bonnes conditions assurant que ceci soit productif. La difficulté bien connue relative à la géométrie dans l'espace nous conduit à formuler une seconde hypothèse de recherche, portant sur les *moyens* :

Hypothèse de recherche 2

La géométrie dans l'espace, du fait des difficultés qu'engendrent les représentations, contraint fortement l'évidence visuelle. Sous certaines conditions, cela peut conduire à une déstabilisation de la visualisation iconique.

1.2 Géométrie dans l'espace

L'hypothèse de recherche que nous avons formulée s'appuie sur un problème récurrent pour offrir une orientation générale de notre étude : *“La visualisation iconique suscite un blocage car l'évidence visuelle lui confère une grande efficacité ? Supprimons l'évidence visuelle avec la géométrie dans l'espace !”*

Pourtant cette hypothèse est loin d'être réellement opératoire, car elle ne fait que mentionner “certaines conditions” qui doivent être impérativement précisées. Si les problèmes de visualisation de la géométrie tridimensionnelle constituaient une condition suffisante, on peut imaginer que ce domaine serait plus répandu dans l'enseignement. Les difficultés particulières qui semblent l'accompagner nous conduisent ainsi à chercher s'il existe réellement de “bonnes conditions” pour que l'étude de la géométrie dans l'espace soit productive.

Pour ce faire, dans un premier temps, il nous faut interroger la notion même de “voir dans l'espace”. Nous montrerons que deux acceptions coexistent, mais que celles-ci sont souvent assimilées l'une à l'autre : l'une dont la portée serait essentiellement cognitive, l'autre tournée vers l'enseignement de la géométrie.

Nos objectifs nous conduiront à privilégier ce second point de vue et à l'interroger à l'aune des fonctions du dessin mises en évidence par [Chaachoua \(1997\)](#). Nous montrerons de fait que les fonctions des différents types de représentations utilisées sont généralement limitées, notamment en ce qui concerne la perspective cavalière qui constitue le type de représentation le plus courant.

Il apparaîtra en fait que la lecture de ces dernières représentations se rapproche de la déconstruction dimensionnelle, ce qui constitue une impasse pour notre étude. Cela nous conduira à étudier la géométrie dynamique tridimensionnelle ainsi que ses potentialités relativement à notre étude.

1.2.1 Qu'est-ce que « voir dans l'espace » ?

La géométrie dans l'espace constitue l'un des sujets particulièrement délicat de l'enseignement des mathématiques, tant la difficulté à “voir dans l'espace” pose problème : aux élèves, qui ne peuvent plus utiliser le dessin pour appuyer leur raisonnement, et pour les enseignants qui perdent la fonction illustrative du dessin. Quel que soit le point de vue, c'est une question de *visualisation* qui se pose.

Cependant, l'apparente unité de cette difficulté cache en réalité deux approches radicalement différentes de cette question, conditionnées par les visées sous-tendues. La première de ces approches est une visée que nous qualifierons de “cognitive”, qui envisage le problème de la vision dans l'es-

pace comme générique et affectant toute l'activité du sujet. Nous qualifierons la seconde de "géométrie", dans la mesure où il s'agit avant tout de faciliter le traitement de problèmes de géométrie dans l'espace.

Une visée cognitive

Si les programmes de 2001 désignent comme un objectif central le fait de *développer la vision dans l'espace*, il faut pourtant souligner la nuance que semble révéler une omission : l'objectif énoncé n'est pas explicitement de "développer la capacité à traiter des problèmes de géométrie de l'espace". S'intéresser à la géométrie dans l'espace pour son intérêt cognitif conduit à l'envisager comme contribution à l'élaboration de bonnes *images mentales*, c'est-à-dire d'une bonne représentation de l'espace matériel ambiant.

C'est ainsi le *développement des connaissances spatiales* qui est envisagé par le NCTM, et l'apprentissage de l'espace en trois dimensions peut viser le développement d'images mentales utiles dans d'autres domaines — [Marchand \(2006\)](#), par exemple, évoque le cas du patinage artistique —, ce dont le point de vue suivant rend bien compte :

La géométrie, qui a souvent été cantonnée à l'enseignement du raisonnement logique et de la méthode hypothético-déductive, retrouve ainsi son attrait visuel et l'un de ses rôles fondamentaux, l'organisation et la structuration de l'espace.

([Ballieu et Guissard, 2004](#), p. 3)

Il est frappant de constater que cette approche de la géométrie dans l'espace tend à s'inscrire dans un paradigme géométrique de type GI, alors même qu'il s'agit des recommandations de l'institution :

En géométrie dans l'espace, on travaille, comme les années antérieures, sur des solides et on exploite les images mentales des situations de parallélisme et d'orthogonalité extraites du parallépipède rectangle, images qui se construisent depuis la classe de sixième.

Programme de 3^e, p. 95

On peut observer des traces de cette première approche dans un certain nombre de travaux de didactique s'intéressant à la géométrie dans l'espace. Du point de vue français, on peut notamment citer les travaux de [Bakó \(2003\)](#), qui étudie la capacité des élèves à opérer des rotations mentales sur des objets, et comment cette capacité peut faire l'objet d'un travail avec les élèves.

D'un point de vue plus large, il faut mentionner l'étude de ce que les anglosaxons dénomment *spatial abilities* et qui désignent notamment la capacité à traiter les informations dans l'espace tridimensionnel.

Une visée géométrique

La visée géométrique, en revanche, centre son attention sur les conséquences de cet apprentissage dans le strict cadre de la géométrie : “raisonnement logique et méthode hypothético-déductive”, mais aussi rôle des dessins et autres représentations — par exemple, [Chaachoua \(1997\)](#) —, difficultés spécifiques à la géométrie dans l’espace — [Rommevaux \(1998\)](#) —, etc. Dans ce contexte, le point de vue cognitif a une portée toute différente, et on peut considérer que lorsque [Duval \(2005\)](#) signale des “*situations où la visualisation peut être prise en défaut [...] ou s’avère insuffisante*”, l’acception sous-jacente de “visualisation” renvoie plus fortement à des capacités liées à la géométrie qu’à une bonne représentation mentale de l’espace. Il s’agit en fait de la capacité à utiliser les représentations pour résoudre des problèmes de géométrie, et les processus engagés sont très différents de ceux permettant de se représenter l’espace : isoler des sous-figures pertinentes, ajouter des tracés, opérer des déconstructions, etc. La portée de ce discours est alors centrée sur le “raisonnement en géométrie” :

Il y a en effet des raisonnements qui suivent la visualisation, il y a ceux qui viennent compenser le défaut de visualisation, comme par exemple il s’agit de problèmes de géométrie dans l’espace et non plus de problèmes de géométrie plane, et il y a ceux qui au contraire s’affranchissent de toute visualisation.

(*ibid*, p. 40)

Au niveau de l’articulation entre visualisation et raisonnement, la visualisation consiste non pas dans une figure mais une séquence d’au moins trois figures.

(*ibid*, p. 42)

Écarter l’entrée de la compréhension du fonctionnement des raisonnements valides, indépendamment de toute visualisation ou de toute argumentation, c’est finalement fermer tout accès à des démarches de preuve dans les situations où la visualisation peut être prise en défaut (ce qui arrive vite en géométrie plane), ou s’avère insuffisante comme pour la géométrie dans l’espace.

(*ibid*, p 44-45)

La problématique de la visualisation et de l’utilisation des représentations n’est alors plus une problématique proprement cognitive, mais doit s’appuyer sur une étude approfondie des représentations, du point de vue de la résolution de problèmes de géométrie.

Positionnement de notre étude

La nature de notre questionnement nous conduit à ne retenir de cette alternative que le point de vue “géométrique”, dans la mesure où nous envisageons une portée à ce travail qui ne soit pas restreinte à la géométrie dans l'espace. Afin d'envisager quelles pourraient être ses potentialités en termes d'émergence de la déconstruction dimensionnelle dans l'activité géométrique des élèves, il apparaît essentiel de nous intéresser à l'étude des particularités des représentations en géométrie tridimensionnelle et les implications dans une perspective d'apprentissage de la géométrie.

Pour ce faire, nous proposons d'envisager la capacité à “voir dans l'espace” à la lumière des fonctions du dessin dans un problème de géométrie (Chaachoua, 1997, pp. 32-41). Nous considérerons que les problèmes de visualisation, dans le cas de la géométrie dans l'espace, dépendent profondément de la capacité des représentations disponibles à remplir ces fonctions, que nous nous proposons maintenant de détailler.

“Voir” en géométrie : les fonctions du dessin

Nous souhaitons ainsi envisager les problèmes de vision dans l'espace relativement à la résolution de problèmes de géométrie. À ce titre, les travaux de Chaachoua (1997) permettent de détailler les fonctions que remplit le dessin dans les problèmes de géométrie, du point de vue de son énonciation, de sa résolution, et de l'explicitation d'une solution. Ces fonctions sont multiples, et il apparaîtra qu'elles ne sont pas nécessairement dépendantes.

En premier lieu, et c'est la définition que nous avons adoptée ici, le dessin désigne un représentant matériel d'un objet géométrique. Cependant, comme le note l'auteur, si cette distinction est éclairante pour une étude du seul point de vue de la géométrie, elle ne suffit pas à rendre compte de la multiplicité des significations attachées au dessin dans un contexte d'enseignement où il peut ne pas être question de l'objet géométrique — par exemple dans le cas de la visualisation iconique. Réduire le dessin à son seul statut de représentant d'un objet géométrique est alors insuffisant, et dans la distinction entre dessin et figure, l'auteur est conduit à apporter des précisions relatives à la nature même du dessin :

Dans cette distinction ¹⁶, les auteurs n'évoquent pas le monde sensible. Nous supposons que c'est :

- soit parce qu'ils considèrent la géométrie comme un modèle : “un dessin renvoie aux objets théoriques”
- soit parce que leur étude se limite au cas de la géométrie plane : le dessin lui même peut être considéré comme “ob-

16. Entre dessin et figure (c'est nous qui précisons)

jet physique”.

Dans l’enseignement de la géométrie et surtout de la géométrie dans l’espace, les tâches portent sur trois types d’objets :

- Objet géométrique : c’est un objet de la géométrie en tant qu’une théorie mathématique,
- Objet physique : nous l’utilisons comme synonyme de l’objet matériel dans le monde sensible,
- Dessin : représentation sur un support matériel.

(Chaachoua, 1997, p. 10)

De fait, il faut distinguer trois statuts au dessin. Le dessin peut être le sujet d’étude, et envisagé comme objet physique lui-même — notamment en géométrie plane. À l’inverse, il peut ne pas être objet d’étude, auquel cas il est modèle — au sens de Laborde et Capponi (1994) — de celui-ci. Il est alors, soit modèle de l’objet physique, soit modèle de l’objet géométrique.

Le dessin est alors susceptible de remplir plusieurs fonctions (*ibid*, pp. 23 - 32).

En ce qui concerne l’énoncé, sa fonction principale est l’illustration, mais il a aussi pour rôle de prendre en charge des hypothèses, et offre un moyen de rendre visible une figure ou une sous-figure pertinente pour la résolution.

Les rôles du dessin sont multiples dans la résolution, et celui-ci peut notamment permettre d’exhiber des contre-exemples, d’explorer une situation, de former des conjectures, de dégager des configurations remarquables... L’auteur considère ces aspects comme relevant d’une même *fonction d’expérimentation*, fortement liée avec la phase heuristique.

Enfin, le dessin intervient dans la solution même, soit en illustrant les étapes d’une résolution, soit en constituant une réponse à part entière au problème posé — notamment dans le cas des problèmes de construction.

Finalement, ce sont trois fonctions principales du dessin qu’il faut retenir, indépendamment de la phase de l’activité dans laquelle il intervient :

- une **fonction d’illustration**, qui intervient pour illustrer un énoncé, un problème, des étapes de raisonnement, ou une réponse au problème ;
- une **fonction de prise en charge d’hypothèses**, qui traduit la capacité du dessin à laisser apparaître des informations éventuellement absente relatives à l’objet géométrique ;
- une **fonction d’expérimentation**, qui dépend de la fonction d’illustration mais aussi du domaine de fonctionnement et d’interprétation du dessin (*ibid*, p. 43).

La fonction d’expérimentation peut revêtir diverses formes, et permettre aussi bien d’explorer la situation que d’aboutir à la production d’un contre-exemple, et varie en fonction du statut du dessin. Ainsi, quand Parzysz

(2006) mentionne des “aller-retours entre G1 et G2¹⁷” (voir 1.1.2, p. 12), la fonction d’expérimentation explicite cette part du travail s’inscrivant dans GI.

Comme le souligne Chaachoua, il s’agit d’un travail de nature essentiellement expérimentale conjuguant la recherche de conjectures et l’évaluation de leur pertinence. Cela suppose de rechercher et lire les informations que proposent les dessins, c’est-à-dire d’effectuer des opérations — en actes ou en pensée — sur celui-ci, ce qui nous renvoie aux considérations énoncées par Duval (1994, 2005). Cela suppose dans un second temps d’interpréter les informations perçues pour articuler le vu et le su (Parzys, 1988).

En définitive, la fonction d’expérimentation dépend donc d’une capacité — elle-même tributaire des conditions matérielles et d’un apprentissage — à lire des informations sur le dessin, et de l’interprétation de ces informations qui relève essentiellement du statut du dessin aux yeux de l’élève.

Ainsi, nous considérerons que “voir” en géométrie consiste à pouvoir attribuer à des représentations ces trois fonctions que nous avons détaillées. La prise en considération des différents types de visualisations nous permettra en outre de rechercher la possibilité — et les conditions — d’existence de ces fonctions dans les diverses représentations d’objets tridimensionnels. En raison de leur prédominance dans l’enseignement, notre propos sera essentiellement centré sur les représentations en perspective cavalière, même si nous tâcherons de mentionner les potentialités d’autres modalités de représentation. En revanche, nous omettrons dans un premier temps la géométrie dynamique qui fera l’objet d’une étude ultérieure.

1.2.2 Fonctions des représentations d’objets de l’espace

Nous souhaitons ici examiner les représentations utilisées pour la géométrie dans l’espace à la lumière des trois fonctions du dessin que nous avons dégagées. Pour ce faire, nous caractériserons les représentations généralement employées avant d’observer leur capacité respective à remplir ces fonctions. Il faudra garder à l’esprit que ces fonctions ne sont pas intrinsèques aux représentations, mais dépendent fortement du sujet qui les observe : un mathématicien et un élève de 6^e ne pourront évidemment pas attribuer les mêmes fonctions à une représentation en perspective cavalière. C’est la raison pour laquelle nous serons conduits, dans un paragraphe suivant, à opérer un renversement de point de vue en nous demandant quelles seraient les conditions nécessaires à un “bon fonctionnement” de la perspective cavalière.

17. Mentionnons ici que le formalisme utilisé par cet auteur diffère de celui que nous avons adopté, proposé par Houdement et Kuzniak (2006), en particulier pour pouvoir considérer un paradigme “GO”. Il est néanmoins possible de considérer comme équivalents les paradigmes désignés par G1 et GI, ainsi que G2 et GII. Pour cette raison, nous emploierons les notations GI/GII quand il ne s’agira pas d’une citation.

Nous choisissons en outre de limiter notre étude à deux modalités de représentations planes et aux maquettes, qui sont les plus fréquentes dans l'enseignement. L'étude de représentations informatisées sera réalisée ultérieurement.

Représentation d'objets tridimensionnels

Représentations planes

Notamment en raison de contraintes techniques, les représentations d'objets tridimensionnels sont généralement des projections planes : perspective cavalière, perspective centrale, épures, etc.

La représentation en perspective centrale peut se définir ainsi :

La perspective centrale consiste à reproduire sur un tableau ce qu'un œil (immobile et ponctuel) verrait au travers d'une "fenêtre". L'idée est que le tableau pourrait prendre la place de la fenêtre, l'œil n'y verrait que du feu. . . Ce type de représentation a les caractéristiques suivantes :

- on suppose que l'œil est un point ;
- chaque point de l'objet à représenter est relié à cet œil par un rayon visuel rectiligne ;
- chaque point de la représentation est l'intersection de ce rayon visuel avec le tableau.

(Lismont et Rouche, 1999, p. 229)

Ce mode de représentation, s'il se rapproche de la vision humaine, présente l'inconvénient notoire de ne pas respecter un grand nombre de propriétés, dont notamment le parallélisme de certaines droites et les égalités de longueur dans une direction donnée. De fait, il se rencontre plus fréquemment dans les représentations artistiques que dans le cadre de la géométrie, du moins en ce qui concerne l'enseignement secondaire — par la suite, on le rencontre par exemple en cartographie et en géométrie projective, domaines dans lesquels la projection stéréographique occupe une place centrale.

De fait, l'enseignement secondaire français privilégie largement la perspective cavalière par rapport aux autres modes possibles de représentation. Chaachoua (1997) considère avec Parzys (1991) que ce choix résulte d'une volonté d'équilibre entre le vu et le su :

La raison de ce choix pour les dessins de géométrie, outre la facilité d'exécution, doit être cherchée dans le fait que la perspective parallèle réalise un compromis acceptable entre le voir et le savoir (transfert de propriétés).

(Parzys, 1991, p. 219)

En effet, la perspective cavalière ne correspond pas à la vision humaine de l'espace. Ce choix, qui pourrait donc sembler malheureux, présente pourtant l'avantage certain de préserver certaines propriétés géométriques — parallélisme, alignement... — tout en conservant une certaine proximité avec la vue naturelle.

S'appuyer sur des représentations planes a une conséquence fondamentale, puisqu'il n'est plus question comme en géométrie plane de considérer le dessin comme objet d'étude lui-même. (Chaachoua, 1997, p. 44) Même dans le cas où l'objet d'étude envisagé serait l'objet physique — ce qui, rappelons-le, est le point de vue de la géométrie GI —, le dessin ne peut être que *représentation* de cet objet physique. Il faut donc envisager une relation dialectique entre ce dessin plan, présent mais représentation, et un objet représenté, objet d'étude éventuellement absent.

Les maquettes

La représentation d'objets de l'espace par des maquettes est l'autre mode principal de représentation privilégié par l'enseignement, préconisé très tôt pour l'enseignement de la géométrie¹⁸. Il s'agit de la représentation des objets de l'espace la plus "naturelle" à utiliser, puisqu'elle permet le même examen sensible que les objets de notre environnement. Ces maquettes peuvent être de nature très variée : construction de la surface en papier, construction des arêtes et sommets par des tiges rigides assemblées à leurs extrémités, *Polydron*, fils tendus, maquette en polystyrène, sans oublier la fameuse motte de beurre amputée par des générations d'écoliers.

L'usage de ces modèles est signalé comme fondamental dans l'apprentissage de la géométrie dans l'espace par de nombreux travaux :

La plupart des études didactiques sur la géométrie de l'espace [...] font valoir que le développement du « sens spatial » doit, pour se faire efficacement, passer par une phase de travail (construction, manipulation, observation, description...) avec des *modèles tri-dimensionnels manipulables* des objets géométriques.

(Grenier et Tanguay, 2008, p. 26)

Pourtant, même si ces représentations semblent faciliter une approche perceptive, elles ne sont pas sans poser de problèmes relativement à l'activité géométrique proprement dite. En effet, si les représentations planes se distinguent nécessairement de l'objet d'étude, ce n'est plus le cas des maquettes qui peuvent d'autant plus aisément y être assimilées qu'elles font partie

18. Schubring (2010) mentionne par exemple un usage institutionnel dès la fin du XIX^e siècle : "The models should enhance in particular visualization and hence exert a more convincing function than just oral lectures or own reading."

intégrante de l'espace sensible. De ce point de vue, on peut interroger le fonctionnement des maquettes, plus encore peut-être que celui des dessins, dans une géométrie de type GII. La prise de position de [Duval \(1995\)](#) concernant ces maquettes est à ce titre particulièrement éclairante :

Il importe de rappeler que les représentations de type maquette ne sont pas des représentations sémiotiques : les opérations susceptibles de les transformer sont des actions physiques suivant des lois physiques et non des actions sur des signes régies par des règles. De plus, dans ce type de représentation, le représentant et le représenté ont les mêmes caractéristiques phénoménologiques fondamentales : ce sont des objets physiques situés dans un espace à trois dimensions. D'où la possibilité d'agir sur le représentant et sur le représenté. Ce sont là deux différences fondamentales qui séparent les représentations de type maquette et les représentations sémiotiques. D'une part celles-ci ne peuvent pas être transformées par des actions physiques. D'autre part le représentant et le représenté ne peuvent pas être des objets appartenant à un même espace. En d'autres termes les représentations sémiotiques, à la différence des représentations de type maquette, permettent des opérations remplissant les fonctions d'objectivation, de traitement ou d'expression, et non pas un mode particulier de traitement.

([Duval, 1995](#), p. 66)

Finalement, ces maquettes soulèvent donc la question de leur traitement, qui peut n'être que physique, ne pas faire signe vers d'autres modes de représentation, et donc ne pas faire explicitement appel à une géométrie de type GII.

Enfin, si les maquettes permettent de simplifier l'appréhension perceptive des représentations, leur manipulation n'est pas sans poser de difficultés pour l'activité géométrique elle-même. Ainsi, leur construction par les élèves s'avère particulièrement coûteuse — en temps, en difficulté de conception... — et la multiplication des dessins, particulièrement féconde en géométrie plane, devient impossible. Leur production même par l'enseignant est elle aussi particulièrement contraignante et délicate.

La fonction d'illustration

Nous souhaitons dans un premier temps étudier la fonction d'illustration remplie par ces représentations. Comme nous l'avons signalé, cette fonction n'est pas intrinsèque aux représentations elles-mêmes, mais est fonction du regard porté par l'observateur. Aussi, nous interrogerons essentiellement cette fonction dans le cas où l'observateur s'appuierait sur la visual-

isation iconique, et remettons à un paragraphe ultérieur (1.2.3, p. 45) une réciproque.

Perspective cavalière

Duval (2005) rattache fortement la visualisation iconique à la reconnaissance visuelle des unités figurales de plus grande dimension, en s'appuyant sur la *Gestalttheorie*, et en invoquant en particulier la *loi de clôture* :

On remarque tout de suite le caractère hétérogène des unités figurales : elles ne présentent pas toutes le même nombre de dimension. [...] Cette hétérogénéité n'entraîne cependant aucune ambiguïté pour l'appréhension perceptive des unités figurales. Il y a en effet une prédominance des unités de dimension 2 sur les unités de dimension inférieure, prédominance que la loi gestaltiste de clôture (ou de continuité) explique ainsi : lorsqu'un stimulus possède un contour simple et fermé, il se détache comme formant un tout.

(Duval, 1995, pp. 177 - 178)

Dans le cas de l'espace, il n'est généralement plus possible d'identifier visuellement les unités figurales de plus grande dimension, puisque la vision est limitée à une perception au mieux bidimensionnelle. En outre, quand un agencement de lignes est disponible, les contours fermés perçus ne correspondent pas nécessairement à des surfaces, mais peuvent n'être qu'un effet de projection. Ainsi, le triangle matérialisé dans la figure 1.6 ne correspond à aucune surface s'appuyant sur les trois arêtes, mais peut pourtant être discriminée comme telle si l'octaèdre ne fait pas partie des "représentations-types".

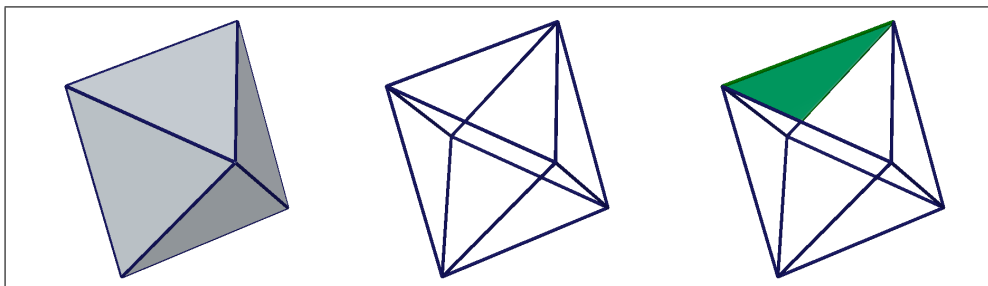


FIGURE 1.6 – Les limites de la loi de clôture en perspective cavalière.

Le fonctionnement de la visualisation iconique s'en trouve très contraint : elle ne fonctionne que sur un nombre restreint d'objets bien connus dont il est possible de reconnaître une représentation, mais ne permet pas de traiter des formes pour elles-mêmes. Ces objets sont ce que Chaachoua (1997) appelle "représentations-types" :

Une représentation-type est un dessin dont l'objet est d'illustrer une ou des relations géométriques entre les objets géométriques de l'espace. Elle n'a pas fait l'objet d'une convention explicite. Cependant elle fait partie d'une tradition d'enseignement.

(Chaachoua, 1997, p. 38)

Ces représentations-types traduisent parfaitement les limites de la visualisation iconique dans le traitement des représentations planes en géométrie de l'espace. Elles permettent de dépasser certaines inaptitudes, mais le domaine de fonctionnement de ce mode de représentation ne peut qu'être très local. On peut attendre d'un élève qu'il dispose de représentations-type du cube, de la sphère, du pavé droit, de deux plans sécants, éventuellement d'une pyramide, mais l'herbier dont il dispose ne s'étend guère au delà.

De fait, la fonction d'illustration n'est assurée correctement que dans le cas où les configurations s'appuient sur des solides familiers. Ainsi, dans le manuel *dec* (2004), parmi les 52 exercices proposés par le manuel, 3 seulement ne proposent pas des configurations portées par des solides. Le constat est identique pour *tra* (2000) où seuls deux exercices, parmi les 73 proposés, ne s'inscrivent pas en référence à un solide.

Il est éclairant de constater que ces deux exercices concernent des relations entre une droite et un plan, et non — par exemple — deux droites dans l'espace. En fait, il s'agit de configurations dont la matérialisation demeure intelligible en perspective cavalière (Fig. 1.7), c'est-à-dire qu'il est possible de situer les unités figurales les unes par rapport aux autres.

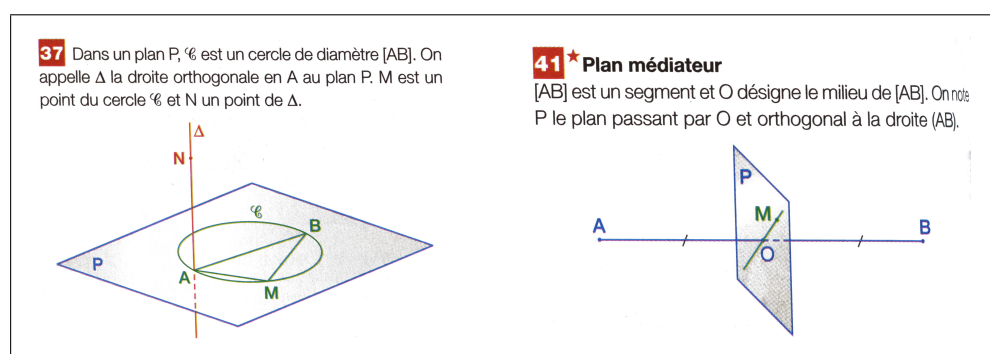


FIGURE 1.7 – Deux exercices non contextualisés par le solide (tra, 2000).

En étudiant les représentations-types utilisées dans l'enseignement (Chaachoua, 1997, pp. 47-49), nous pouvons notamment remarquer que quand deux objets sont présents, l'un recouvre toujours l'autre — au moins partiellement. Il en va de même dans les exercices de la figure 1.7. À l'inverse, les dessins de la figure 1.8 ne permettent pas de situer les objets représentés

les uns par rapport aux autres, soit que les objets ne se recouvrent pas, soit que leur intersection n'est pas matérialisée.

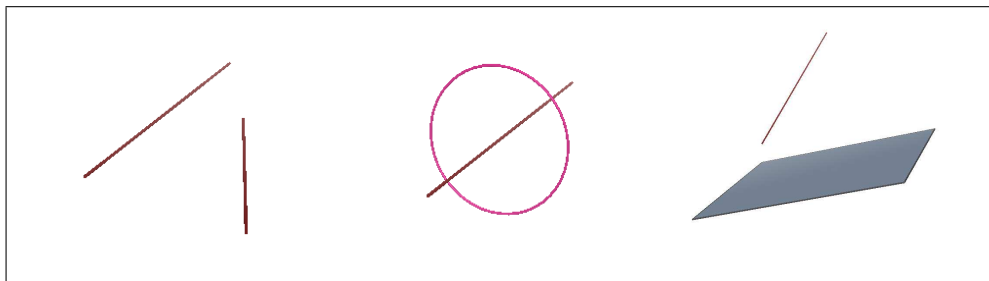


FIGURE 1.8 – Quelques “perspectives illisibles”.

Il semble en fait que la fonction d'illustration soit particulièrement limitée, comparativement à la géométrie plane. Il va donc être nécessaire de faire intervenir d'autres modes de représentation, qui ne relèveront plus du même registre — par exemple le codage — pour prendre en charge des hypothèses supplémentaires et ainsi permettre une meilleure fonction d'illustration. Les solides peuvent ainsi généralement être représentés, ainsi que des configurations où il est possible de situer les unités figurales les unes par rapport aux autres ; c'est-à-dire — comme nous l'avons illustré par les figures 1.7 et 1.8 — où apparaît un recouvrement ou une intersection de dimension au moins 2.

Maquettes

La manipulation de maquettes semble permettre d'augmenter le domaine de fonctionnement du dessin, et ainsi d'abolir certaines limites visuelles inhérentes aux représentations planes en papier-crayon. C'est en ce sens que nous pouvons interpréter certains travaux qui préconisent d'utiliser des maquettes au début de l'enseignement de la géométrie dans l'espace afin de favoriser, conjointement à l'apprentissage des représentations, la formation de *bonnes images mentales* :

Pour tous les solides étudiés [...], nous adoptons une progression identique, une première phase de *manipulation avec des objets* permettant d'acquérir le vocabulaire de base, suivie d'une deuxième phase *d'apprentissage de la représentation de ces objets*. [...]

L'observation et la manipulation permettent de définir en le **montrant** le vocabulaire propre à chaque solide. [...]

Conscient des différences géométriques entre l'objet et sa représentation, l'élève peut progressivement se construire des images mentales opérantes.

(Bonafé et Sauter, 1998, p. 6)

Il devient ainsi possible de procéder à un examen perceptif, de multiplier les points de vue sur l'objet et, de notre point de vue, la visualisation iconique peut s'exercer et offrir une première possibilité d'appréhension des représentations. La fonction d'illustration rendue possible par les maquettes semble ainsi meilleure que celle des représentations en perspective cavalière, dans la mesure où elle ne se limite pas aux seules représentations-types.

Pourtant, d'un point de vue pratique, il faut interroger les objets que ces maquettes permettent de représenter. En effet, les représentations “pleines” — par exemple des volumes de polystyrène — ou dont la frontière est opaque — une construction de papier — ne sont pas en mesure de représenter des cavités internes d'un volume. Des représentations où seuls les sommets et arêtes sont apparents, en revanche, ne permettent de figurer correctement que des assemblages de surfaces planes, et ne permettent même pas de représenter la boule unité ! Si l'utilisation de fils tendus peut — au prix d'un certain effort — représenter des surfaces réglées, elle limite de fait les représentations à l'enveloppe convexe d'une structure initiale. Enfin, toutes ces représentations partagent avec la perspective, bien que pour des raisons différentes, la même limitation : il n'est possible de représenter que des solides. La géométrie étudiée doit donc s'inscrire dans la géométrie du solide, et “deux droites de l'espace” sont nécessairement “deux droites portées par un solide”.

La prise en charge d'hypothèses

Perspective cavalière

La perspective cavalière est une projection, mais offre un compromis entre le “vu” et le “su” (Parzysz, 1988) en préservant de nombreuses propriétés : alignement, rapports selon une même direction... Cependant, les dessins présentent des aberrations visuelles au nombre desquelles :

- la non-conservation des angles ;
- la non-conservation des égalités ou inégalités de longueur ;
- l'existence de propriétés apparentes liées à l'opération de projection : “fausse orthogonalité”, “faux alignement”, “fausse (in)égalité de longueurs”, etc. ;
- l'impossibilité de déterminer, en général, la position relative de deux objets.

Outre les difficultés liées à l'appréhension visuelle que nous avons mentionnées, ces aberrations sont particulièrement problématiques quand il s'agit de faire figurer des hypothèses sur la représentation graphique. Cela est doublement dommageable, d'une part parce qu'il devient impossible de faire figurer des hypothèses relatives à l'objet représenté, d'autre part car cela induit une incertitude de lecture conduisant à “observer” des relations qui sont

fausses aussi bien pour le dessin que pour l'objet géométrique. Par exemple, le polygone d'intersection d'un cube par un plan (Fig. 1.9) n'apparaît jamais comme un carré. Pourtant, son étude avec des élèves conduit généralement à un débat portant sur la nature de ce polyèdre : *est-ce un carré ?* Ce carré n'est jamais observé, mais par sa mauvaise prise en charge d'hypothèses, la représentation ne permet pas d'invalider des hypothèses supposées par l'observateur.

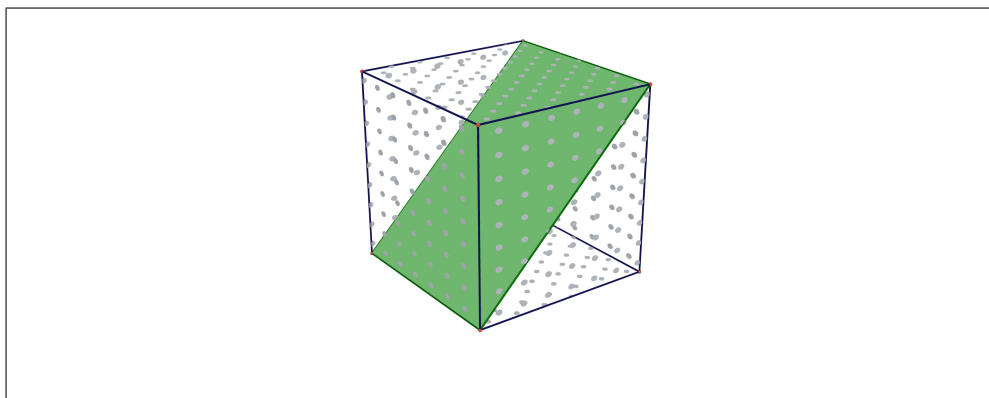


FIGURE 1.9 – Polygone d'intersection d'un cube par un plan : un carré ?

Il devient donc nécessaire de faire prendre en charge les hypothèses par un codage indiquant les propriétés qui n'apparaissent pas dans l'organisation visuelle : égalités de longueur, angles remarquables, etc.

Ce codage limite bien entendu les informations disponibles, pour ne pas surcharger le dessin car toutes les hypothèses ne peuvent pas être codées (le code "angle obtus" est par exemple inexistant). Les hypothèses sont donc sélectionnées, et le risque peut être de voir ainsi désignées celles qui sont pertinentes pour le problème posé.

Ce codage permet néanmoins de faire figurer nombre d'hypothèses pertinentes pour le problème posé, et son association à la préservation de propriétés s'avère permettre une prise en charge d'hypothèses généralement suffisante. En revanche, la lecture de ces représentations est de fait complexe, et doit faire l'objet d'un apprentissage spécifique sur lequel nous reviendrons (1.2.3, p. 45).

Maquettes

La fonction de prise en charge pour les maquettes semble être le complémentaire de celle de la perspective cavalière. Les aberrations visuelles sont quasi-inexistantes, ce qui permet de faire figurer un grand nombre d'informations sans les sélectionner, mais en revanche il est généralement difficile — et d'ailleurs peu répandu — de faire figurer des hypothèses sur ces représen-

tations. Si l'on considère en outre les limites qu'imposent ces maquettes en termes de représentation, cette prise en charge d'hypothèses s'avère ainsi très limitée.

La fonction d'expérimentation

Perspective cavalière

La fonction d'expérimentation est fondamentale dans la résolution de problèmes, puisqu'elle constitue le support de la recherche de solutions. En ce qui concerne la perspective cavalière, le domaine de fonctionnement du dessin en tant que modèle d'un objet géométrique de l'espace, bien qu'élargi par certaines conventions et représentations-types, s'avère particulièrement restreint. Dégager des configurations remarquables ou exhiber des contre-exemples visibles sur le dessin s'avère presque impossible en raison des trop nombreuses indéterminations visuelles.

C'est ce qui conduit [Chaachoua \(1997\)](#) à proposer les conclusions suivantes, dont il montre la pertinence par son travail théorique :

La fonction d'expérimentation du dessin "papier-crayon" est limitée pour des raisons matérielles.

(ibid, p. 43)

A priori la fonction d'expérimentation du dessin papier-crayon ne peut pas être remplie au même titre que dans le plan, en tant que modèle du domaine de réalité "géométrie dans l'espace".

(ibid, p. 45)

Nous faisons l'hypothèse que, dans le cadre de la géométrie, le problème de "vision dans l'espace" est essentiellement liée à cette incapacité du dessin à remplir la fonction d'expérimentation.

Maquettes

De même, la fonction d'expérimentation est très limitée dans le cas des maquettes, notamment en raison de la complexité de leur conception et de leur modification. Ainsi, une fois une représentation réalisée, il devient extrêmement délicat de l'enrichir pour faire apparaître des propriétés, des sous figures pertinentes. . . *L'ajout de tracés, condition nécessaire à toute utilisation heuristique des figures* ([Duval, 2005](#), pp. 11-12), devient quasiment impossible dans la majorité des cas.

On peut citer par exemple les maquettes proposées par [Rommevaux \(1997\)](#), accompagnés de "pochoirs" permettant de visualiser des sections du cube. Dans une certaine mesure, il s'agissait de faire apparaître la fonction d'expérimentation. Pourtant, malgré la mise en œuvre de moyens conséquents, celle-ci était extrêmement limitée et guidée par le matériel utilisé.

Si ces maquettes peuvent assurer partiellement les fonctions d'illustration des énoncés et de prise en charge d'hypothèses implicites, elles ne peuvent en revanche assurer la fonction d'expérimentation, pourtant essentielle dans le processus de résolution.

1.2.3 Une complexité de lecture proche de la déconstruction dimensionnelle ?

Nous avons ainsi montré que les trois fonctions étaient relativement mal prises en charge par les deux modalités de représentation étudiées. Avant d'en envisager des conséquences, il convient tout de même de remarquer que le "mathématicien professionnel" considère qu'une représentation en perspective cavalière est tout à fait capable d'assurer ces fonctions. Nous avons signalé que notre étude de ces fonctions considérait un sujet dont le regard s'appuyait essentiellement sur la visualisation iconique, et il existe donc¹⁹ un "seuil" à partir duquel elles ne s'appliquent plus. Nous cherchons ici à caractériser ce seuil, c'est-à-dire à répondre à la question suivante : *Quelles sont les conditions nécessaires pour que le dessin en perspective cavalière remplisse correctement ces trois fonctions ?*

Nous avons pu observer que le point névralgique était l'appréhension du dessin, et nous rejoignons en cela l'hypothèse proposée par Chaachoua (1997)²⁰. Deux éléments semblent permettre d'interroger cette appréhension du dessin : le codage et le hiatus dimensionnel.

Le codage apparaît comme un élément central en géométrie dans l'espace, puisqu'il permet de signaler des relations qui ne sont pas directement visibles. Il est frappant de constater que sa lecture est problématique pour la perspective cavalière, alors que ce n'est pas le cas en géométrie plane. Nous prétendons que cela est lié à un rôle, et donc un fonctionnement, profondément différent.

En géométrie plane, l'interprétation de tels codes n'est pas nécessairement antérieure à une première impression visuelle, tout au plus ceux-ci confirment des propriétés que le contrat didactique en vigueur permet d'utiliser : non seulement les deux segments ont l'air égaux, mais en plus ils sont signalés comme tels sur le dessin. La reconnaissance préalable des unités figurales de dimension deux peut donc fonctionner correctement.

Nous avons montré qu'en revanche dans l'espace l'identification visuelle de formes ne fonctionne plus. Le codage ne vient plus soutenir une activité déductive qui serait postérieure à cette identification, il est nécessairement consubstantiel de l'appréhension visuelle ! Le fonctionnement du dessin est donc conditionné à une reconstruction de l'objet, hors de toute matérialité,

19. en vertu du Théorème de la Valeur Intermédiaire, pourrait-on dire

20. "Le sujet mettra d'autant mieux en œuvre la fonction d'expérimentation du dessin qu'il a la possibilité d'appréhender et d'interpréter le dessin" (*ibid*, p 43)

à l'aide des indices fournis à propos des unités figurales constitutives et de leurs relations. Dans la figure 1.10, la nature des objets identifiés dans les deux représentations peut être totalement différente, en raison d'un codage beaucoup plus fort sur le second dessin : le réassemblage des unités figurales apparentes, ici les segments, ne s'effectue pas de la même manière.

Nous retrouvons dans cette reconstruction les difficultés soulevées précédemment par le hiatus dimensionnel : un processus de lecture s'appuyant sur le codage s'effectue nécessairement par assemblage d'unités figurales de faible dimension pour constituer l'objet de dimension supérieure, ce qui va à l'encontre du processus naturel de visualisation. Ici encore, cela suppose de la déconstruction dimensionnelle qu'elle soit naturelle et que sa mise en pratique ne soulève pas de difficulté.

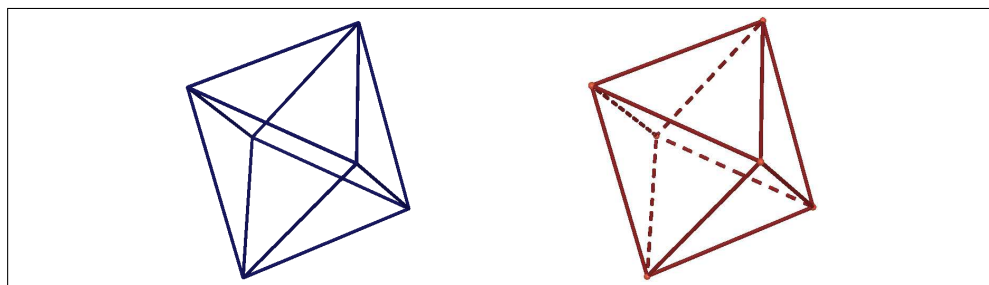


FIGURE 1.10 – La prise en compte du codage pour la lecture des dessins.

La condition nécessaire au traitement des représentations en perspective cavalière que nous avons pu identifier est donc très forte, et explique la complexité beaucoup plus grande que celui des représentations planes. Il présuppose la capacité des élèves à s'appuyer sur la déconstruction dimensionnelle, ce qui n'a pourtant rien d'évident, même pour des élèves de lycée.

1.2.4 Retour sur notre problématique

Potentialités du travail en papier-crayon

De la difficulté manifeste soulevée par la lecture des représentations en perspective cavalière, nous tirerons une hypothèse fondamentale restreignant la portée d'un travail ne s'appuyant que sur de telles représentations, trop complexe pour susciter à lui seul un apprentissage :

Hypothèse de travail 2

L'utilisation de dessins en perspective cavalière suppose, dans la majorité des cas, que le lecteur soit en mesure de s'appuyer sur la déconstruction dimensionnelle pour les interpréter. À ce titre, un travail s'appuyant préférentielle-

ment sur ces dessins est trop complexe et donc inapte à susciter l'émergence de la déconstruction dimensionnelle.

Cette hypothèse restrictive, si elle ne remet pas nécessairement en cause les potentialités de la géométrie dans l'espace, nous contraint donc à expliciter certaines caractéristiques qui nous semblent essentielles.

Quelques contraintes

En ce qui concerne les maquettes, si la manipulation semble favoriser les *spatial abilities* et la formation d'images mentales efficaces²¹, la possibilité d'identifier le représentant et le représenté soulignée par Duval (1995) peut contribuer à brouiller de nouveau la distinction entre dessin et figure que nous souhaitons faire émerger, et à faire de GI le paradigme légitime aux yeux de l'élève. Qui plus est, nous avons montré que la fonction d'expérimentation de ces représentations se trouve limitée, au détriment de la fonction d'illustration.

Dans le cas des représentations planes, réalisées par projection, si la fonction d'expérimentation peut éventuellement s'exercer, elle doit être précédée d'un examen éminemment complexe des dessins. Si, dans ce cas, la visualisation iconique semble ne plus pouvoir s'exercer, la majeure partie des fonctions du dessin sont elles aussi extrêmement réduites.

L'hypothèse de travail que nous avons formulée (p. 2), appuyée par notre étude, nous conduit à rechercher un mode de représentation susceptible d'assurer les différentes fonctions du dessin proposées par Chaachoua (1997), sans toutefois conduire à une étude des caractéristiques physiques d'un objet matériel de l'espace.

L'utilisation de logiciels de géométrie dynamique dans l'espace nous semble pouvoir remplir de telles conditions, sous la réserve de certaines contraintes que nous devons spécifier. Nous souhaitons montrer que la conjonction de la capacité à produire des images "réalistes" mais résultant d'une projection — l'aspect "imagiciel" —, et des caractéristiques propres à la géométrie dynamique — résistance au déplacement, utilisation de primitives — permet de combiner contraintes et avantages des différents modes de représentation, et que le choix de certaines variables dans les situations permet d'en ajuster la force :

- diminuer la complexité de l'examen perceptif, et lui donner un domaine de fonctionnement ainsi qu'à la visualisation iconique ;
- introduire une distance entre représentant et représenté ;
- limiter les possibilités offertes par l'appréhension visuelle, et ainsi engager la recherche de nouveaux outils ;

21. Par exemple au sens d'une baisse du temps de traitement d'une rotation mentale, voir Denis (1997).

- offrir, par les primitives de construction, des possibilités d’instancier des résultats établis théoriquement, et donner ainsi un lieu d’exercice à GII et à la déconstruction dimensionnelle.

Il nous faut ainsi en premier lieu interroger les spécificités de tels environnements, du point de vue des représentations proposées, et du point de vue de la géométrie dynamique.

1.3 Les potentialités de la géométrie dynamique tridimensionnelle

Pour l’enseignement la géométrie dans l’espace, les logiciels de géométrie plane ont parfois été détournés²² afin de proposer des exercices présentant des caractéristiques de la géométrie dynamique, et des logiciels de Dessin assisté par ordinateur ont permis de créer des images “manipulables” des objets étudiés. Néanmoins ces usages sont particulièrement contraignants et leur utilisation, souvent limitée, peut ressembler à un pis-aller.

Contrairement à la géométrie plane, les environnements de géométrie dynamique dédiés à un travail en trois dimensions sont peu nombreux. La complexité de leur élaboration, aussi bien du point de vue des choix à opérer que de l’implémentation technique à proprement parler, semble être un important facteur limitant. Les quelques exemples que nous considérerons — GeospaceW, Archimedes Geo 3D, Cabri 3D, 3d-geom — présentent ainsi des disparités révélatrices en ce qui concerne leur conception et leur réalisation.

L’étude que nous avons menée à propos de la géométrie dans l’espace nous a permis d’identifier certaines contraintes auxquelles ces environnements doivent répondre, {conditionnant essentiellement la fonction d’illustration et la fonction d’expérimentation.

Concernant la fonction d’illustration, il est impératif de limiter les problèmes de “vision dans l’espace” et de permettre une exploration visuelle plus aisée. Ainsi un premier examen des dessins ne mettrait pas nécessairement en jeu, contrairement à la représentation en perspective cavalière par exemple, des processus trop complexes et offrirait une fonction d’illustration même pour la visualisation iconique. {Pour autant, l’interface étant bidimensionnelle, nous montrerons que la distance entre la représentation et l’objet d’étude reste forte, contrairement au cas des maquettes.

En ce qui concerne la fonction d’expérimentation, il apparaît nécessaire de limiter fortement les possibilités de l’appréhension visuelle et d’engager la recherche de nouveaux instruments palliant cette déficience. C’est donc la recherche de nouveaux instruments qu’il faudra interroger : les possibilités offertes par l’environnement, la possibilité pour ces instruments de faire signe

22. Par exemple, des constructions d’objets 3D en perspective cavalière à l’aide de Geogebra : <http://dmentrard.free.fr/GEOGEBRA/Maths/Espace/Espace.htm>

vers GII et la déconstruction dimensionnelle.

Nous avons choisi dans le présent travail de nous appuyer sur le logiciel Cabri3D, qui fait partie des rares logiciels de géométrie dynamique tridimensionnelle.

1.3.1 Une meilleure fonction d'illustration

Baisse de complexité de l'examen perceptif

Cette baisse de complexité est un avantage majeur des représentations informatisées, qui les rapproche à ce titre des maquettes. Il est néanmoins nécessaire, en raison de l'interface plane que constitue l'écran, de "simuler" cette troisième dimension.

Bakó (2003) signale à ce titre la possibilité de faire varier continûment le point de vue à partir duquel l'utilisateur observe l'objet. L'écoulement du temps simule alors une exploration tridimensionnelle²³. Cette simulation peut en outre s'enrichir de choix de représentation simulant la profondeur afin de proposer à la perception sensorielle des indices qu'elle peut interpréter. Cette caractéristique constitue la première différence notable entre les environnements informatiques simulant la géométrie dans l'espace à l'aide d'un "moteur 2D" — par exemple, les utilisations de Geogebra ou CabriII — et les environnements de géométrie dans l'espace à proprement parler. La seconde concerne les dénominations proposées par le logiciel. Ainsi dans une utilisation détournée de Geogebra un cercle observé selon une projection sera simulé par une ellipse, et le logiciel sera incapable de reconnaître un cercle. En revanche, cette limitation n'existe plus dans des logiciels spécialement conçus pour la représentation d'objets dans l'espace.

Distance entre représentant et représenté

Ces représentations proposent donc des moyens de dépasser les limites de la projection plane. Néanmoins, cette dernière étant toujours effectuée, il persiste une impossibilité d'assimiler la représentation à un objet d'étude à part entière.

Plus encore que dans l'impression visuelles, cela est particulièrement flagrant si l'on s'attache aux opérations qu'il est possible de réaliser sur les représentations. En effet certaines manipulations, simples avec une représentation tridimensionnelle, sont particulièrement délicates dans ce type d'environnement. Il est possible de s'en convaincre par l'activité suivante : étant construits une droite et un point quelconques dans l'espace, essayer de déplacer le point pour le "poser" sur la droite, sous le seul contrôle visuel (Fig. 1.11).

23. "Although the screens are two dimensional and computers can produce only drawings, if we take time into account and use continuously changing pictures, it can help to giving the impression of a three dimensional vision" (Bakó, 2003, p. 4).

L'expérience, réalisée dans un logiciel de DAO ou dans un environnement de géométrie dynamique — Cabri3D dans notre exemple — montre que l'opération est quasiment impossible en raison de cette interface plane.

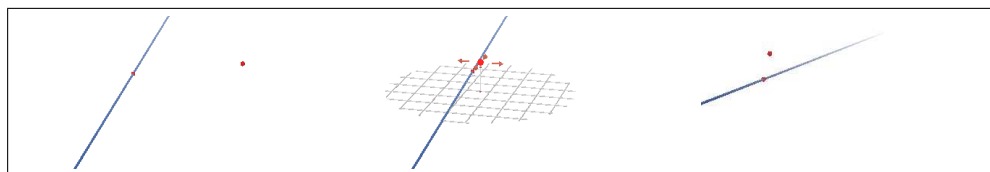


FIGURE 1.11 – Tentative de déplacer un point sur une droite.

La fonction d'illustration semble ainsi assurée par ces représentations, malgré les limitations qu'impose la projection sur l'écran. En fait, cette projection affecte principalement les actions qu'il est possible d'effectuer pour l'utilisateur, et ainsi c'est peut-être la fonction d'expérimentation que ces limites interrogent. En particulier, c'est elle qui révèle l'écart qui va séparer les logiciels de DAO des logiciels de géométrie dynamique 3D.

1.3.2 Évolutions de la fonction d'expérimentation

Possibilités et restrictions

Les possibilités pour les dessins de remplir la fonction d'expérimentation sont directement liées aux outils proposés par l'environnement. Pour un logiciel de DAO, certaines impossibilités ne pourront être dépassées, et certaines actions, si elles n'ont pas été prévues dans le logiciel — par exemple mesurer un objet —, ne pourront être réalisées.

Dans un environnement de géométrie dynamique, certains paramètres semblent affecter directement cette fonction. Hugot (2005), dans une étude de l'utilisabilité de Cabri 3D, souligne que deux points essentiels sont d'une part la *manipulation directe*²⁴, et d'autre part le coût opératoire des actions. Ce dernier aspect est bien sûr lié au fait que c'est l'utilisation d'outils proposés par l'environnement qui permettra de pallier les déficiences de la vision.

Ces outils permettent ainsi de réaliser des constructions — droites, plans, polygones ou polyèdres, intersections, sections... —, avec des possibilités de contrôle étendues et non restreinte au seul contrôle visuel.

Il faut cependant souligner que l'usage de ces environnements n'a rien de *naturel*. Leur complexité contraint les utilisateurs — et à plus forte raison les enseignants — à un apprentissage de l'utilisation du logiciel pour lui-même : déclaration des objets, navigation dans les menus, utilisation des outils...

24. *Représentation continue des objets [...], utilisation d'actions directes ou de pressage de boutons étiquetés au lieu d'une syntaxe compliquée[...], opérations réversibles et incrémentales dont l'impact sur les objets concernés est immédiatement visible* (Hugot, 2005, pp. 5-6)

Qui plus est, les représentations mêmes produites par ces logiciels possèdent des caractéristiques qu'il faudra prendre en compte. C'est notamment le cas des propriétés de résistance au déplacement des représentations : elles offriront un terrain d'expérimentation élargi, mais supposent un apprentissage spécifique, comme l'a montré Restrepo (2008).

Quelques conséquences

Interroger cette fonction d'expérimentation nous conduit ainsi à interroger les particularités de ces environnements, en ce qui concerne l'utilisation des outils à disposition et les propriétés caractéristiques des représentations étudiées. Il s'agit en fait de caractères communs aux environnements de géométrie dynamique, qui ont fait l'objet de nombreuses études.

La caractéristique la plus évidente est peut-être le mode même de définition des objets, beaucoup plus déclaratif que dans un environnement papier-crayon. Celui-ci peut avoir des conséquences importantes concernant l'articulation de l'activité avec l'expression langagière, comme cela a par exemple été signalé à propos du logiciel Euclide :

Euclide peut aider la formulation en géométrie. En effet, comme tout langage informatique, il impose des exigences de rigueur dans le domaine syntaxique, au niveau des instructions élémentaires comme de leur structuration plus globale. L'adaptation à ces exigences, du fait de la proximité du langage Euclide du langage mathématique usuel, doit produire des connaissances aisément transférables au domaine purement mathématique, tout en ne nécessitant pas d'apprentissages annexes trop coûteux. [...]

Dans la géométrie usuelle du collège, la perception, les instruments perçus comme objets permettant d'exécuter des "gestes" jouent un rôle dominant, quels que soient les efforts faits par l'enseignement pour contrecarrer cette tendance, voir par exemple (Grenier, 1988). Dans la géométrie d'Euclide, [les] gestes doivent être décomposés, analysés et traduits en termes d'objets géométriques et de leurs propriétés : on ne fait pas glisser une règle, on trace une parallèle, on ne pose pas une équerre mais on trace des droites perpendiculaires et, si l'on veut reporter des distances, il faut tracer des cercles ou utiliser des transformations géométriques.

(Artigue, 1991, pp. 6-7)

Il faut ensuite noter la propriété de *résistance au déplacement* des représentations construites, c'est-à-dire la capacité des dessins à conserver leurs propriétés géométriques caractéristiques quand un de leurs constituants est dé-

placé. Ainsi, si un parallélogramme construit comme tel peut prendre l'allure d'un rectangle dans certains cas, il ne gardera que les propriétés du parallélogramme quand un de ses sommets sera déplacé.

Ces représentations permettent ainsi, expérimentalement, de séparer les propriétés conjoncturelles des propriétés constitutives. En ce sens, [Laborde et Capponi \(1994\)](#) mentionnent que “*un EIAO contient des connaissances*” et qu'en conséquence “*la machine est susceptible d'offrir des rétroactions fondées sur des connaissances*” :

Parce que le déplacement des dessins est contrôlé par une théorie géométrique [...], l'environnement rend compte en particulier de la variabilité des éléments de l'objet géométrique et de leur domaine de variation (extension du domaine de fonctionnement) et permet de disqualifier les interprétations non pertinentes (mise en évidence des limites du domaine d'interprétation) ; en effet les propriétés attribuées à l'objet parce que lues sur un dessin statique le représentant ont de fortes chances de n'être apparemment plus vérifiées lors de la déformation du dessin.

([Laborde et Capponi, 1994](#), p. 175)

Ces propriétés invariantes lors du déplacement sont ainsi identifiées par [Jahn \(1998\)](#) comme une *réification* des objets abstraits que constituent les propriétés mathématiques. D'autres auteurs, comme par exemple [Balacheff \(1993\)](#) ou [Jones \(2000\)](#) soulignent que la construction même des objets est profondément différente, puisqu'elle introduit une dépendance fonctionnelle et une hiérarchie de dépendance entre les différents constituants du dessin qu'il est nécessaire de respecter²⁵.

Bien entendu, comme nous l'avons signalé l'utilisation du déplacement n'a rien d'évident *a priori*, et relève en fait de processus divers et complexes, comme l'a montré [Restrepo \(2008\)](#).

Il nous faudra donc par la suite interroger les conséquences de ces caractéristiques, envisagées de manière très variées : évolution du statut des représentations graphiques, et donc du sens de l'activité géométrique elle-même (par exemple [Laborde et Capponi \(1994\)](#)) ; changement du rôle de certains outils ([Jahn, 1998](#)) ; lieu d'une approche expérimentale de la géométrie et de la conjecture ; influence sur la production de preuves ([Jones, 2000](#)), éventuellement en regardant les logiciels comme outils de médiation sémiotique ([Mariotti, 2000](#)), etc.

²⁵. The sequential organisation of actions necessary to produce a figure in Cabri introduces an explicit order of construction where, for most users, order is not normally expected or does not even matter. ([Jones, 2000](#), p. 59)

1.3.3 Intérêt pour notre étude

La géométrie dynamique tridimensionnelle semble revêtir un intérêt tout particulier dans notre étude. La conjonction de plusieurs particularités complémentaires, empruntées à la fois à la géométrie dans l'espace et à la géométrie dynamique, semble s'accorder avec notre recherche de conditions permettant à la fois de déstabiliser la visualisation iconique et de faire émerger, en tant qu'alternative, une approche plus mathématisée s'appuyant sur la déconstruction dimensionnelle et s'inscrivant plus fortement dans GII.

Nous avons signalé que les représentations virtuelles d'objets de l'espace sont d'une richesse bien plus grande que les représentations en perspective cavalière, notamment du fait de la possibilité de changer continûment l'angle de vue sur les objets.

La première hypothèse que nous ferons ici est que cela contribue à baisser la complexité de l'approche perceptive des représentations. Ainsi, même pour un élève se fondant sur la visualisation iconique, il est possible d'engager une tentative de résolution du problème. Les risques de "blocage" sont limités, et l'utilisation des dessins en vue d'une recherche heuristique est de nouveau permise.

Pour autant, le domaine de fonctionnement de la visualisation iconique demeure beaucoup plus limité qu'en géométrie plane, notamment en raison de l'interface qui demeure bidimensionnelle. Ainsi, il est généralement impossible de déterminer visuellement si deux droites quelconques de l'espace sont sécantes. De la même façon, le contrôle de la position du pointeur de la souris, et donc la manipulation d'objets, est particulièrement difficile dans l'espace.

Nous en sommes conduits à formuler l'hypothèse suivante :

Hypothèse de recherche 3

Les particularités d'un environnement tel que Cabri 3D permettent d'élaborer des situations dans lesquelles la visualisation iconique peut s'exercer, mais où seule la déconstruction dimensionnelle peut assurer la stabilité du système [sujet<>milieu]. De telles situations favorisent l'émergence de la déconstruction dimensionnelle.

Il est donc nécessaire, pour pouvoir utiliser ces représentations — leur attribuer les fonctions que Chaachoua (1997) mentionne, ou simplement les construire — de disposer de nouveaux outils susceptibles de pallier les déficiences de la perception visuelle. Cela donne un sens particulièrement fort aux outils de la géométrie dynamique qui, partie intégrante de l'environnement, offrent des possibilités de construction et d'étude. Les multiples conséquences que nous pouvons envisager sont particulièrement fortes.

Statut des propriétés de résistance au déplacement

Nous pouvons faire l’hypothèse que les propriétés de résistance au déplacement sont susceptibles de susciter un intérêt de tout premier ordre. En effet, si l’observation visuelle des formes est peu fiable, l’observation du déplacement suscite un doute bien moindre : si quand je bouge le point A, le point B bouge en même temps, il est difficile d’imaginer que cette observation soit une simple illusion.

En géométrie dynamique plane, il est nécessaire de faire cohabiter deux types de propriétés : les propriétés “spatiales”, qui sont celles des formes, classiquement observées sur le dessin, et les propriétés “dynamiques”, qui sont nouvelles et ne paraissent pas nécessairement cohérentes avec les premières — du moins aux yeux des élèves. On devine que leur coordination, et la mise en place d’un contrat où le dynamique jouerait un rôle prépondérant sur le spatial, soulève une importante difficulté. Dans l’espace en revanche, la dimension spatiale étant plus délicate à apprécier, nous pouvons faire l’hypothèse que les propriétés dynamiques peuvent apparaître comme palliant les limites des premières.

Quand bien même l’étude des invariants du déplacement demeure problématique, elle peut être d’autant plus fortement motivée qu’ils comptent parmi les rares indicateurs visuels fiables.

Pour ce faire, il faut donc envisager les objets représentés, non pas à partir des unités figurales de plus haute dimension — ce qui est le propre de la visualisation iconique — mais comme un assemblage d’unités figurales de dimension inférieure. Cela semble nous renvoyer au *hiatus dimensionnel* (Duvall, 2005), atténué puisque l’examen des unités de plus faible dimension se trouve légitimé par l’examen perceptif même du dessin. En outre la *hiérarchie de dépendance* (Jones, 2000) devient essentielle, hiérarchie qui oriente déjà l’étude vers cette prise en compte des “petites” unités figurales.

Les conséquences sont importantes dans la mesure où, s’il est possible d’engager des tentatives de résolution, une utilisation “naïve” des outils proposés par l’environnement s’avère rapidement insuffisante. Il faut donc, pour permettre un usage efficace et productif des outils proposés, trouver de nouveaux moyens de contrôler cet usage. Nous formons l’hypothèse que la déconstruction dimensionnelle et GII offrent de tels moyens.

1.4 Mise en œuvre du questionnement de recherche

Nous avons précédemment signalé (p. 28) que nous cherchions à caractériser un milieu favorisant l’émergence de la déconstruction dimensionnelle dans l’activité géométrique de l’élève, mais il nous reste à préciser les

modalités de cette “caractérisation”.

Comme le laisse transparaître le vocabulaire employé, nous nous appuyerons fortement sur la Théorie des situations didactiques (TSD) (Brousseau, 1998). Il s’agira de faire apparaître la déconstruction dimensionnelle et GII comme réponses adaptées à des situations conçues à cet effet.

Signalons cependant que nous restreindrons notre point de vue par rapport à la TSD qui envisage l’apprentissage comme relevant d’un double processus, adaptation et acculturation (Bessot, 2010). Notre objectif n’est pas ici d’étudier l’enseignement de la géométrie dans l’espace, ou même d’un savoir de la géométrie, mais d’étudier dans quelle mesure certaines activités sont susceptibles de provoquer un changement de point de vue chez l’élève. Cet objectif est de fait “transversal”, et la question de son institutionnalisation suggérerait une réflexion sur l’axiomatique employée — absente des programmes de l’enseignement secondaire français. Pour cette raison, nous ne prendrons pas en compte cette dimension de l’apprentissage dans la construction de situations et leur analyse *a priori* : tout au plus interrogerons-nous *a posteriori* l’intérêt que pourrait revêtir une institutionnalisation de ces considérations “méta-géométriques” dans l’enseignement.

En revanche, l’apprentissage considéré comme procédant d’une adaptation à un *milieu antagoniste* producteur de contradictions, difficultés et déséquilibres sera au cœur de notre étude ; et c’est à la caractérisation d’un tel milieu que nous nous attacherons.

Il apparaît donc relativement naturel de vouloir situer notre démarche relativement à la notion d’*ingénierie didactique*.

En effet, comme nous l’avons signalé, notre attention ne porte pas sur un objet de savoir mathématique clairement circonscrit qui serait enjeu d’enseignement, et en ce sens notre méthodologie ne relève pas de l’ingénierie didactique *stricto sensu*, telle que la définit par exemple Artigue (1990). En revanche, dans une acception plus large, notre étude s’inscrit dans l’*ingénierie phénoménotechnique* (Brousseau et Brousseau, 2006, cité par Bessot (2010), p. 2), et relève plus précisément de ce que Perrin-Glorian (2010) désigne par *ingénierie didactique pour la recherche* :

Nous parlerons d’ingénierie didactique si, dans le cadre d’une recherche, il y a construction et mise en œuvre dans une (ou plusieurs) classe(s), dans le temps scolaire d’une suite de séances et s’il y a un contrôle théorique de la construction et de la réalisation de ces séances. Le cadre théorique est mis à l’épreuve en même temps que les situations élaborées ainsi que leur réalisation.[...]

Dans *l'ingénierie didactique pour la recherche*, on vise à produire des résultats de recherche avec des expérimentations (« de laboratoire » pourrait-on dire, même si c'est un peu antinomique de l'ingénierie didactique) montées en fonction de la question de recherche, sans souci immédiat d'une éventuelle diffusion plus large des situations utilisées pour les expérimentations[...].

(Perrin-Glorian, 2010, p. 13)

Nous chercherons ainsi à mettre à l'épreuve les hypothèses que des considérations théoriques auront permis de formuler, *via* la conception de situations d'enseignement en fonction de ces hypothèses et l'expérimentation.

Pourtant, c'est par une observation “naïve” que nous proposons d'enrichir notre questionnement théorique, ou nous suivons en quelque sorte l'évolution de nos interrogations, qui se sont étoffées au fil d'observations réalisées à un stade très précoce de ce travail de recherche. Mais, au delà du seul aspect chronologique, nous espérons mettre en évidence pour le lecteur la nécessité de confronter plusieurs approches.

Jusqu'à présent, nous avons essentiellement fondé notre réflexion sur quelques outils théoriques complémentaires. La notion de *paradigmes géométriques* propose un point de vue épistémologique sur différentes manières d'appréhender l'activité que constitue la géométrie, en caractérisant la construction possible de différents référentiels théoriques et leur articulation. Les différents types de visualisations et de traitements du dessin offrent pour leur part un éclairage cognitif sur le travail d'un sujet confronté à un problème de géométrie, en explicitant certains apprentissages qui apparaissent indissociables d'une évolution vers la géométrie axiomatisée. Enfin, le détail des fonctions du dessin permet de préciser comment s'articulent nécessités internes aux mathématiques et nécessités de l'élève résolvant un problème de géométrie en classe. Cela nous permet d'éclairer les perspectives qu'offre la géométrie dans l'espace, mais aussi certaines limites.

Dans une perspective d'enseignement, nous souhaitons mettre en évidence la nécessité d'adjoindre à ces considérations une prise en compte plus forte de l'usage des outils fournis par Cabri 3D et des processus de *genèse instrumentale* (Rabardel, 1995), centraux dans les environnements de géométrie dynamique. En particulier, nous avons jusqu'à présent considéré la nature des instruments intervenant dans la déconstruction instrumentale comme transparente et non problématique. Il nous faudra étudier ceci à la lumière de l'approche instrumentale : le caractère séquentiel de la déconstruction instrumentale permet-elle d'assurer la cohérence de cette notion ? Ne faut-il pas détailler *plusieurs* types de déconstructions instrumentales, en relation avec la nature des instruments construits et employés ?

L'observation que nous proposons permet de mettre en lumière la pertinence d'une telle interrogation. Si nous la qualifions de "naïve", elle n'a pour autant rien de "naturaliste" dans la mesure où elle concerne une situation initialement conçue pour les besoins de notre recherche, et où sa réalisation a eu lieu en laboratoire.

Cependant, nous choisissons de la présenter ici sans détailler exhaustivement les contraintes et choix pris en compte pour sa conception, et en réalisant une observation très partielle²⁶. Nous chercherons à mettre en évidence, par l'étude de quelques cas, que la déconstruction instrumentale peut apparaître en fait comme une "interface" particulièrement centrale entre visualisation iconique et visualisation non-iconique. L'unité de cette notion apparaîtra alors comme réductrice, et nous conduira à préciser nos outils d'analyse.

D'une part il s'agira d'envisager plus fortement le rôle des instruments, et de leur construction, dans la caractérisation et l'évolution de la déconstruction instrumentale. De fait, cela nous permettra d'envisager des interactions entre des modes d'appréhension des dessins — visualisation iconique, déconstruction instrumentale, déconstruction dimensionnelle — que nous avons envisagé comme étrangers les uns aux autres du point de vue cognitif. Ces interactions nous conduiront à rechercher un outil méthodologique permettant de les interpréter et de les observer.

26. Une étude détaillée sera réalisée par la suite.

Chapitre 2

De la visualisation iconique à la déconstruction dimensionnelle : le rôle de la déconstruction instrumentale dans la dynamique d'évolution

2.1 Parenthèse : Cabri 3D

Avant de proposer une première observation, il semble nécessaire de procéder à une rapide description de l'environnement utilisé, le logiciel Cabri 3D. Il s'agit d'un micromonde de géométrie dynamique, et présente de fait un certain nombre de caractéristiques bien connues, comme par exemple le rôle du déplacement. Nous souhaitons limiter cette présentation aux caractéristiques propres à cet environnement.

2.1.1 Apparence graphique

Les modes d'action de l'utilisateur dans l'environnement sont de plusieurs types :

- action directe sur le dessin, à l'aide de la souris
- utilisation d'un menu contextuel (Fig. 2.1)
- sélection d'un outil dans la barre d'outils supérieure (Fig. 2.1)
- sélection de fonctionnalités dans le menu supérieur (*Fichier - Edition - Affichage - Document - Fenêtre - Aide*)

Les deux premières possibilités permettent d'agir directement sur le dessin, les secondes donnent accès à des fonctionnalités qui devront être ensuite

utilisées. Un menu d'aide peut être affiché par l'utilisateur, expliquant l'utilisation des outils (Fig. 2.1).

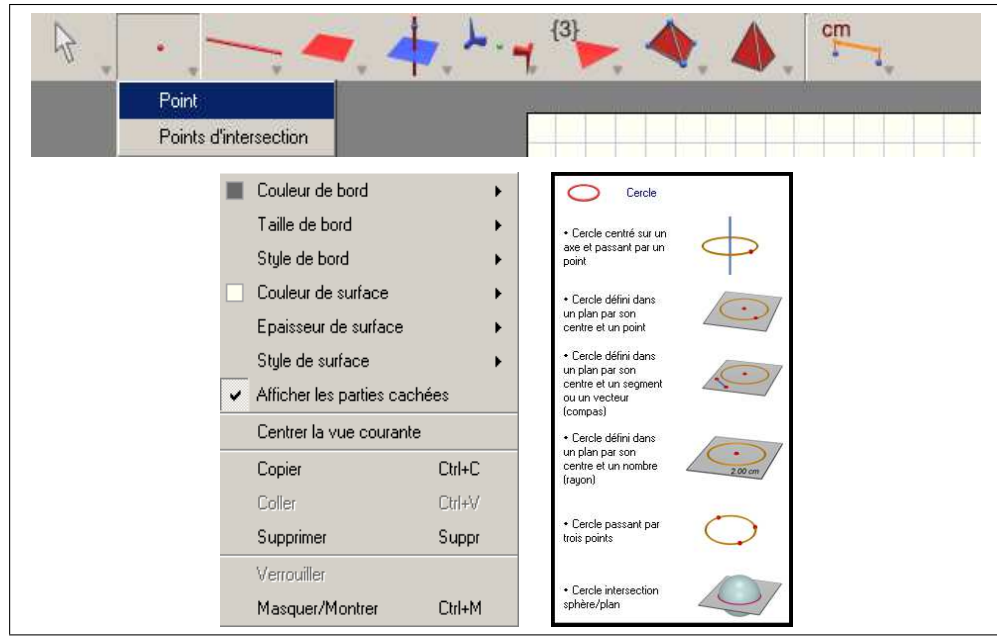


FIGURE 2.1 – Menu des outils, menu contextuel et menu d'aide du cercle

La représentation d'objets tridimensionnels dans Cabri 3D se fait nécessairement par une projection, et par défaut il s'agit d'une perspective centrale — correspondant à un observateur placé à 20cm de l'objet. Il est cependant possible de changer le mode de représentation (Fig. 2.2).

Les objets sont représentés avec des épaisseurs et des couleurs variables. En outre, plusieurs styles sont possibles pour les lignes — trait plein, pointillés... — et les surfaces — ronds, trous, hachures... Il est possible de “masquer” des objets afin que les constructions qui en dépendent soient conservées, mais que l'objet ne soit pas visible. Tous ces paramètres peuvent être ajustés via le menu contextuel.

Pour les constructions, l'environnement affiche à l'ouverture d'une nouvelle figure le plan (Oxy) et le trièdre direct $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

Il est enfin possible de changer la composition de la barre d'outils, afin de limiter les primitives disponibles pour l'élève. Cette fonctionnalité pourra constituer une variable didactique particulièrement importante, comme par exemple dans la situation que nous présenterons en 2.2.

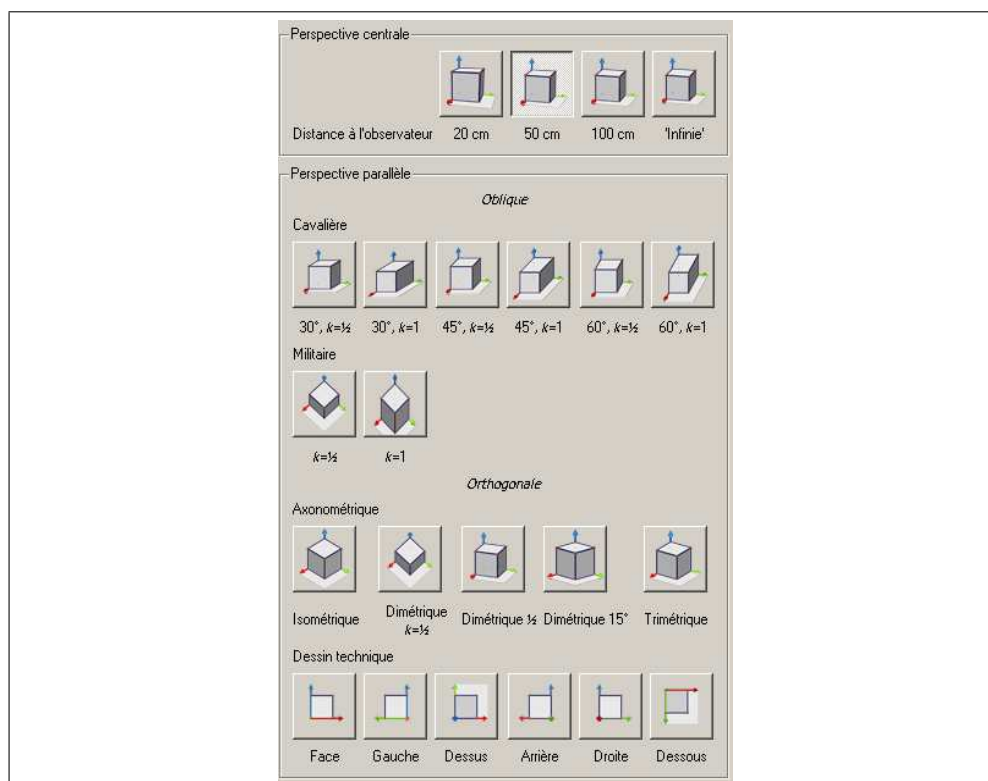


FIGURE 2.2 – Différents choix de représentation

2.1.2 Déplacement

Le déplacement des objets est commandé par l'action de la souris. En géométrie plane, cela permettait de contrôler simultanément toutes les directions du déplacement. En géométrie dans l'espace, en revanche, il faut déplacer des objets dans un espace à trois dimension par des mouvements sur un plan — les mouvements de la souris —, et il est donc impossible de prendre en charge toutes les directions simultanément. Dans Cabri 3D, le choix suivant a été opéré :

- le déplacement d'un objet se fait a priori parallèlement au plan de base (Oxy)
- il est possible de déplacer un objet verticalement en pressant simultanément la touche “majuscule” (\uparrow). Dans ce cas, le déplacement est limité à un axe parallèle à \vec{k} .

Un déplacement dans l'espace doit donc être séparé en deux composantes.

Les réactions du logiciel au déplacement sont immédiates, et il a été choisi dans cet environnement de respecter en permanence la continuité des phénomènes affichés à l'écran.

2.1.3 Définition des objets

Il est possible de procéder à des constructions grâce aux primitives de Cabri 3D, en s'appuyant éventuellement sur les objets déjà construits. Une telle construction peut être modélisée comme une primitive P qu'il faut appliquer à des objets (O_i) — les arguments de P —, dont l'ordre est éventuellement important. La sélection de ces objets s'effectue à l'aide du pointeur de la souris, et non de manière “déclarative” — c'est-à-dire sans que l'utilisateur ait à désigner textuellement les objets utilisés. Quand des objets susceptibles d'être utilisés par l'outil sélectionné sont survolés, ils apparaissent en surbrillance et l'utilisateur peut les sélectionner d'un “clic” de souris. S'il ne peuvent pas être utilisés, leur apparence ne change pas.

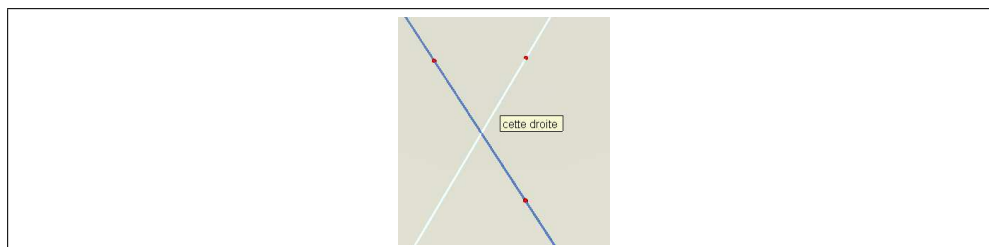


FIGURE 2.3 – Surbrillance d'objets, uniquement si ils peuvent être utilisés.

Les objets ainsi créés ne sont pas explicitement nommés à la création, mais l'utilisateur a la possibilité de leur attribuer des noms en les définissant au clavier.

Il est enfin possible de changer, après création, les caractéristiques d'inclusion que vérifie un point. Ainsi, par l'utilisation de l'outil “redéfinition”, il est possible de faire appartenir un point déjà construit à une droite donnée.

2.1.4 Construction

Les primitives de construction permettent de produire des dessins dans Cabri 3D. Elles sont proposées à l'utilisateur, organisées en huit menus déroulants distincts (Fig. 2.4) : points, lignes — droite, cercle, vecteur. . . —, surfaces — plan, sphère, cylindre. . . —, construction en référence directe à des unités figurales — parallèle, milieu. . . —, transformations, polygones réguliers, polyèdres, polyèdres réguliers. Il faut noter certaines primitives spécifiques à cet environnement, en particulier celles qui n'ont pas d'équivalent dans un environnement papier-crayon (par exemple “trajectoire”) ou en géométrie plane (telles que “ouverture de polyèdre”).

L'utilisation de ces primitives s'appuie sur une sélection à l'aide de la souris. Des messages contextuels apparaissent, désignant l'objet survolé par

la souris et la fonction que sa sélection lui attribuerait, ce qui permet de guider les choix de l'utilisateur. Ainsi, pour effectuer le symétrique du point O par rapport au point A, ces messages sont les seules indications permettant de désigner les points dans le bon ordre, et de ne pas construire le symétrique de A par rapport à O.

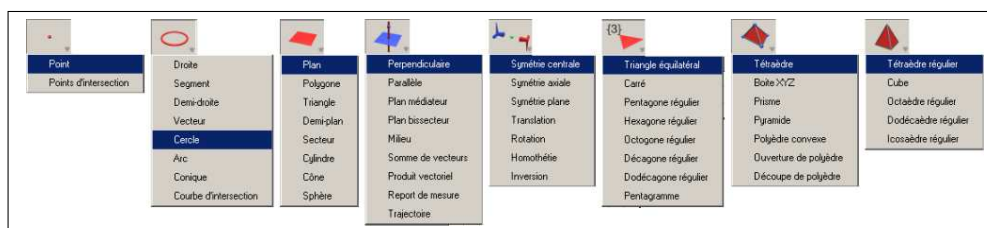


FIGURE 2.4 – Primitives de construction de Cabri 3D

2.1.5 Mesure

Le dernier menu d'outils de Cabri 3D propose des outils de mesure et de manipulation de grandeurs : longueur, aire, volume, produit scalaire... Ces primitives permettent un travail numérique et, si elles ne sont a priori pas destinées à la construction, nous verrons que leurs utilisations peuvent être très diverses, et intervenir néanmoins dans ces processus.

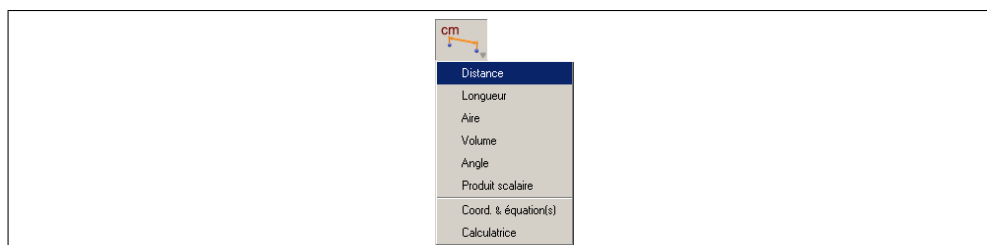


FIGURE 2.5 – Primitives de mesure de Cabri 3D

2.2 Une première observation

Nous proposons ici l'observation d'une activité qui a été proposée à des élèves de fin de seconde, réalisée en laboratoire durant trois heures en moyenne. Si cela a permis d'offrir de premiers indices concernant la pertinence de certaines hypothèses, l'observation a en outre mis en lumière certaines insuffisances de notre cadre théorique. Il est apparu qu'il était nécessaire de reconsidérer notre utilisation des modes de visualisation et des déconstructions, et de l'enrichir de nouvelles considérations ; et d'autre part l'incapacité à observer de manière satisfaisante certains phénomènes nous a conduit à rechercher un outils méthodologique adéquat.

2.2.1 Présentation de l'activité

Généralités

L'activité proposée ici est de type “émetteur-récepteur”, et s'adresse à un binôme d'élèves de seconde.

Au premier, que nous qualifierons de “descripteur”, est soumis un dessin dans Cabri 3D. Celui-ci doit analyser le dessin, et expliquer au second élève (“constructeur”) comment le reconstruire, c'est-à-dire produire un dessin qui présente les mêmes caractéristiques de résistance au déplacement. Pour ce faire, l'élève constructeur dispose d'un ordinateur sur lequel sont proposés les objets déterminant la construction — trois points et le repère orthonormé. Les élèves disposent de deux ordinateurs séparés (Fig. 2.6). L'élève descripteur peut réaliser toutes les expérimentations qu'il souhaite sur le modèle, mais l'autre élève ne peut voir cet écran. Il peut aussi observer le second écran, en revanche il n'a pas le droit de manipuler l'ordinateur où se déroule la reconstruction : seul le constructeur y est autorisé.

La validation est laissée à la charge des élèves : quand ils considèrent que

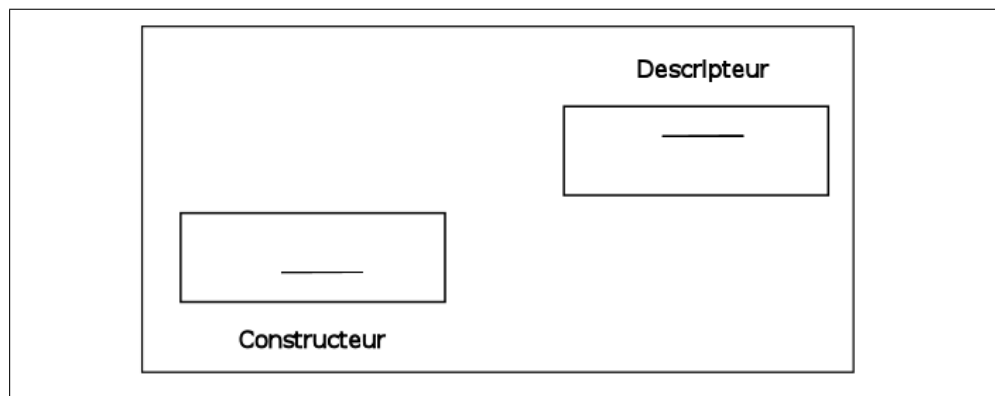


FIGURE 2.6 – Organisation matérielle de l'expérience

la construction est correcte, ils ont la possibilité d'afficher le modèle (grâce à l'option de Cabri 3D “*afficher les objets masqués*”). Si ils valident la construction, ils peuvent passer à l'étape suivante ; dans le cas contraire ils jouent dès lors le même rôle, puisqu'ils peuvent tous deux observer le modèle.

Énoncé

Afin d'en limiter la complexité, l'activité est séparée en quatre phases distinctes, ce qui d'une certaine façon correspond à une division méréologique que nous choisissons de ne pas laisser à la charge des élèves. (Voir Fig. 2.7)

La première phase présente le motif de base, un prisme rhombique construit par symétries à partir de deux sommets de la base — a et b, placés sur

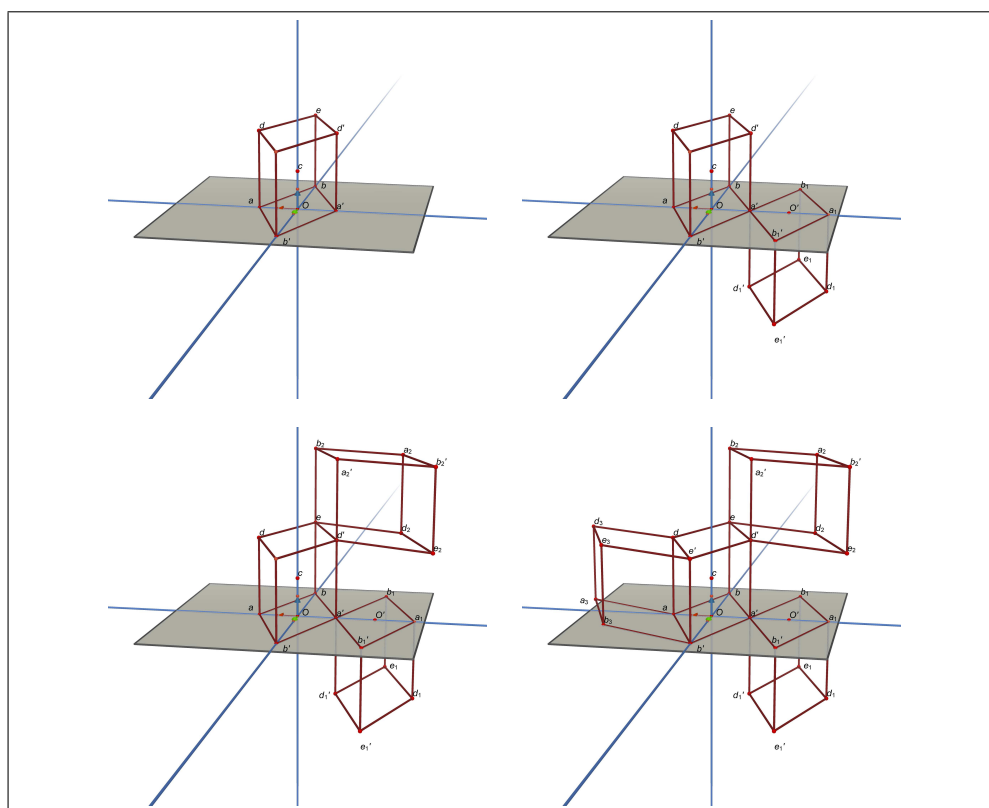


FIGURE 2.7 – Les quatre phases de l'activité

les axes (Ox) et (Oy) — et du centre du prisme — c , placé sur l'axe (Oz) . Les symétriques de a et b par rapport au centre O du repère permettent de construire la base losange, et le symétrique de cette base par rapport à c permet de construire la face supérieure.

Ensuite sont successivement ajoutés les symétriques du motif de base, respectivement par rapport à un sommet (a'), une arête ($[e d']$), puis une face ($a d' e' b'$).

On voit ainsi que la construction, et la validation par résistance au déplacement, reposent exclusivement sur les points a , b et c .

L'énoncé proposé est le suivant :

★★★★★

Description de dessins de Cabri3D pour permettre leur reconstruction.

Quatre dessins de Cabri3D seront successivement présentés à l'un de vous deux. Il faut qu'il observe ce dessin pour être capable d'expliquer à l'autre comment le reconstruire dans Cabri3D (sur une autre machine), et

de le guider quand des difficultés ou des erreurs se présentent.

ATTENTION! Dans Cabri, un dessin n'est pas un objet figé mais comprend aussi ses déformations quand on bouge des éléments! Ici, trois points (a , b et c) sont essentiels, et ce sont les seuls que vous pouvez bouger. Tous les autres sont conditionnés par ceux-ci, et ne se laisseront pas déplacer séparément.

Lorsqu'il pense que le résultat obtenu est correct, l'option "afficher les objets cachés" permet de superposer le modèle de départ à l'objet construit : vous pouvez alors vous rendre compte si les deux dessins ne coïncident pas.

A la fin d'éventuelles corrections vous devez expliquer par écrit pourquoi vous pensez que le dessin initial et le dessin reconstruit sont identiques. Une fois ces descriptions achevées, vous devrez écrire un guide permettant à une autre personne qui vous lirait de reconstruire dans Cabri3D la quatrième figure.



Quelques remarques a priori

Cette activité avait pour but de susciter une évolution vers la déconstruction dimensionnelle, dans la mesure où celle-ci offre des outils particulièrement efficaces pour résoudre le problème posé, du point de vue de la prise en charge des contraintes de résistance au déplacement et de la communication verbale. En effet, cette dernière gagne alors en concision et en précision ; et la "conversion" qu'il est nécessaire d'opérer, entre les explications langagières et les informations fournies au logiciel, est facilitée.

Une reconstruction fondée sur la visualisation iconique, c'est-à-dire faisant intervenir prioritairement formes et longueurs, est rendue possible par les outils de construction. Cependant, outre son coût opératoire plus grand, elle s'avère incapable de reproduire les propriétés résistantes au déplacement, ni même d'interpréter le fait que "*quand je bouge a , a' bouge aussi*". La contrainte que nous avons fait peser sur la validation permet alors d'exclure ce type de résolution, et nécessite le recours aux transformations.

L'objectif de la déconstruction dimensionnelle nous a aussi conduit à privilégier des représentations "évidées" où seuls les arêtes et les sommets sont apparents, afin de faciliter l'identification visuelles des unités figurales de petite dimension. Les outils "polyèdre" et "prisme" ont de fait été supprimés des listes d'outils, ce qui évite une reconstruction immédiate à partir du motif de base.

On peut ainsi classer les tentatives de reconstruction en quelques grands types de stratégies.

Le premier est essentiellement lié à la visualisation iconique, et à la reconstruction d'une forme dotée des bonnes mesures. Il s'agit des stratégies "par ajustement", c'est-à-dire consistant à placer les unités figurales dans l'espace, et ajuster leur position afin que la forme et les mesures caractéristiques du modèle soient reproduits.

Le deuxième type de stratégie répond à un besoin d'interpréter les mouvements coordonnés de points, qui sont interprétés d'un point de vue mécanique. Par exemple, des parallèles peuvent servir à "accrocher" des points qui, de fait, bougeront simultanément. Notons que la prise en charge du mouvement peut alors n'être que partielle.

Enfin, les stratégies s'appuyant sur des transformations sont à rattacher à la déconstruction dimensionnelle, quand bien même elles peuvent être limitées à une réalisation dans le plan, et ne pas être extrapolées à l'espace entier.

2.2.2 Trois binômes

Les observations que nous présentons portent sur trois binômes d'élèves de fin de seconde, dont les niveaux sont relativement variés — mais avec des niveaux homogènes à l'intérieur des binômes. Nous proposons ici d'observer ces disparités, et la teneur d'évolutions significatives qui ont eu lieu dans certains binômes.

Premier binôme : la déconstruction dimensionnelle en action

Les élèves du premier binôme, après une très courte tentative de reproduction des formes et des mesures — une minute —, mobilisent très rapidement les transformations qui apparaissent comme plus efficaces :

"Il y a quelque chose qui ne marche pas, il faut faire la symétrie"

Cette utilisation de la symétrie sera employée tout au long de l'activité. L'observation de ce binôme, qui s'appuie manifestement sur la déconstruction dimensionnelle du prisme, a pour mérite essentiel de souligner l'efficacité que cela leur offre. La résolution des quatre phases sera effective en quarante minutes environ, alors qu'un autre groupe parviendra difficilement au début de la troisième après environ deux heures de travail. Une interprétation du dessin comme représentant d'un objet géométrique leur permet une économie très forte

- de formulation : "*ça fait une symétrie par rapport à cette arête*" résume intégralement le processus de construction
- de construction : les constructions sont généralement optimales, et par exemple les sommets ne sont pas construits : la construction des arêtes suffit
- de contrôle de validité : le contrôle visuel est inutile, dans la mesure où les procédures sont validées *a priori*. Il suffit donc de parcourir le prisme antécédent, sans qu'il soit nécessaire de vérifier visuellement

chaque construction. (Fig. 2.8)

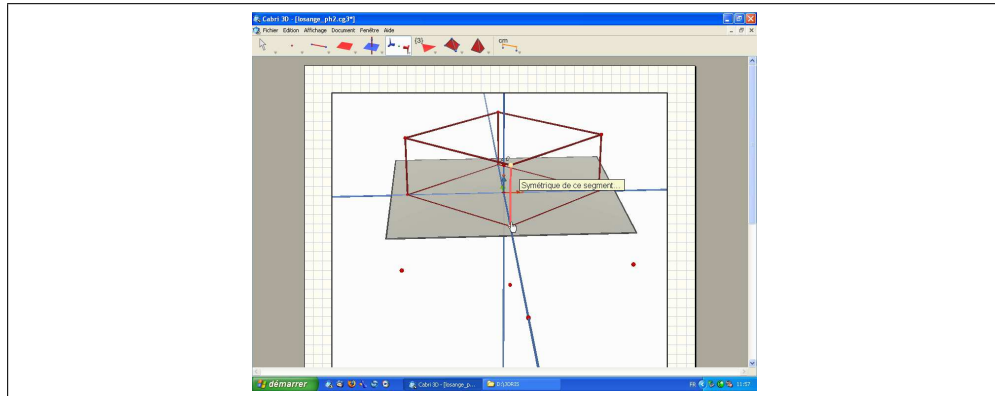


FIGURE 2.8 – Reconstruction du second prisme : rétroactions visuelles illisibles

Il semble que la déconstruction dimensionnelle offre à ces élèves la possibilité de négliger des contraintes “physiques” de construction : les arêtes du second prisme ne sont ainsi pas reconstruites de proche en proche. La temporalité des actions semble secondaire, ce qui marque une nette différence entre ce groupe et les deux autres.

Second binôme : la cohabitation

L’approche du second binôme est bien plus nuancée, et mêle des connaissances relevant de GII à de fortes imprécisions et un vocabulaire fortement lié aux formes, comme on peut l’observer dès le tout début de l’activité (D désignera le descripteur, C le constructeur) :

D *Est-ce que tu sais comment construire un parallélogramme ou pas ? Déjà, c’est un parallélogramme. Non, c’est un losange. C’est soit un losange, soit un parallélogramme, de toute façon...*

C *Tu me facilites la tâche...*

D *De toute façon un losange, c’est un parallélogramme !*

D *T’as deux droites qui font un carrefour, là ? Elles sont perpendiculaires sur ton plan.*

C *Les quatre points de ton losange, il y en a deux qui...*

D *Tu peux faire un losange, là ?*

[...]

D *Est-ce que tu peux faire une droite de b à a ? Il faut que tu fasses un autre point en fait...*

C *Comme b.*

D *Non.*

C *À la même distance en fait.*

D *Exactement, c'est la... c'est le...*

C *Faut que je fasse la symétrie!*

L'examen de la face inférieure, si elle s'appuie initialement sur la reconnaissance de formes (losange, parallélogramme), mobilise rapidement un travail sur la figure (*un losange, c'est un parallélogramme*). De plus, les explications analogiques (droites qui font un carrefour) sont imprécises et coûteuses, et une interprétation des propriétés relativement à des outils théoriques (même distance \Leftrightarrow symétrie) semble s'avérer efficace.

La construction du prisme entier est plus problématique, car ce prisme ne correspond pas à une configuration connue et partagée par les élèves. La description concerne alors en priorité la forme de l'objet à reconstruire :

D *Et après je ne sais vraiment pas comment il faut faire. [...]*

C *Et après je dois pas relier au point c et faire la symétrie du point c, et comme ça, ça me fait un losange?*

D *Non, le soucis c'est que je sais pas comment te... Tu sais qu'il est en 3D, enfin en volume quoi. Il faut que t'aies une deuxième face, en fait, en haut! Mais je sais pas comment te le faire faire*

[...]

D *T'as un losange. Ton losange, c'est comme ça, regarde : t'as un losange comme ça (signe de la main désignant la base, à plat), et au dessus tu vas avoir les bases (place ses mains verticalement pour mimer deux faces latérales se faisant face), et après t'as encore un losange ("referme" le prisme d'une main positionnée à plat, désignant la face supérieure)*

Deux difficultés sont révélées par ces tentatives :

- l'incapacité du vocabulaire employé à décrire précisément les objets : même en mimant la forme avec les mains, l'interprétation du second élève n'est pas conforme au modèle
- le problème de conversion d'une forme en une procédure constructive : une fois la forme correctement décrite, la construction n'est pas pour autant plus facile

En particulier, aucune tentative de construction ne sera réellement productive avant un travail conjoint des deux élèves sur le modèle, qu'elles affichent finalement.

Enfin, il faut signaler la coexistence d'un travail sur des objets théoriques et d'un statut "matériel" des objets, qui ne sont donc pas simplement des "représentations". Ainsi, le fait que des points soient désignés par Cabri 3D comme des "extrémités" et non des "points" est extrêmement problématique : ces deux objets sont non réductibles l'un à l'autre, ce qui ne peut s'expliquer que par leur ancrage dans le monde sensible.

Cela nous semble faire signe vers une coexistence de visualisation iconique et de visualisation non-iconique, dont les statuts ne sont pas totalement stabilisés. La visualisation non-iconique, et le travail sur la figure, semble possible et légitime quand il concerne des configurations déjà connues. En revanche, et a fortiori dans l'espace, quand les configurations sont inconnues le travail sur la figure paraît très complexe et les dessins envisagés comme objets matériels d'étude réapparaissent.

Durant la suite de l'activité, les reconstructions reposant sur des symétries sont plus systématiques, mais les explications sont essentiellement centrées sur la description de procédures articulées avec des descriptions de formes, contrairement à ce que nous avons pu observer dans le premier groupe.

Dernier binôme : la réforme

Première phase : GI et visualisation iconique

L'activité du dernier binôme est clairement ancrée dans la visualisation iconique, et ainsi les premières descriptions et constructions concernent exclusivement les formes et les grandeurs.

D *Tu vas faire un losange. T'auras des points sur chaque droite, et ceux qui sont là ils sont à 4.2cm du centre. Donc tu crées des points et après tu changes jusqu'à ce que ça soit bon.*

D *Et après tu feras pareil sur l'autre côté, sauf que là ce sera 1.2*

C *Et après je fais un losange.*

D *Tu traces des droites.*

C *Des droites ou des segments ?*

D *Des segments.*

La limite principale est bien entendu l'absence de résistance au déplacement. L'utilisation de la transformation "symétrie" pour parvenir à reproduire cette résistance semble moins sûre que dans le groupe précédent. L'échec est par exemple attribué à l'absence de support sur lequel faire bouger le point, alors qu'en réalité le problème est lié à une tentative d'agir directement sur le point image, au lieu d'agir sur l'antécédent. L'ancrage de ce travail est donc essentiellement matériel :

C *Oui, mais c'est un autre point qui bouge, là.*

C *On fait quoi, axiale ou centrale ?*

D *Ben axiale...*

D *Essaie de faire bouger le point (un sommet de la face supérieure)*

C *Je ne peux pas, parce qu'il n'y a pas de droite (la diagonale du losange n'est pas construite, et le point ne peut pas bouger car ne dispose pas de point sur lequel se déplacer)*

Seconde phase : le mouvement coordonné

Le mouvement coordonné de points apparaît ainsi comme le défaut majeur empêchant la validation des constructions. Les élèves cherchent ainsi à les reproduire, selon deux types de procédures — utilisées alternativement dans un premier temps, leur emploi n'est pas séparé du point de vue temporel.

D *Mais c'est celui-ci le point ou pas ? En bougeant l'autre, il bouge pas ?*

La première consiste à la construction de supports sur lesquels “accrocher” les points :

D *Après tu fais un autre plan, parallèle à ce plan, mais 3.1cm plus haut.*

[...]

D *En fait, il fallait que tu fasses... créer une droite qui passe par ce point et ce point, et qui soit parallèle à une droite qui passe par ce point et ce point.*

[...]

D *Et ça marchait pas pour les droites parallèles ?*

C *Il faudrait que je le définisse comme le point d'intersection.*

Ces tentatives semblent adopter un point de vue “mécanique” : les points bougent simultanément pour des raisons matérielles, et les explications sont centrées sur les procédures permettant de créer ces liens matériels plutôt que sur les relations liant les unités figurales.

Si les dépendances produites sont très limitées, elles permettent d'envisager des premières relations de dépendance. **Ainsi (vers 1h : à pointer), il devient possible pour les élèves d'agir sur un point pour en faire bouger un autre.**

Le second type de procédure consiste en l'association d'une transformation à une propriété donnée, comme par exemple “égalité de longueurs” et “symétrie” ou “mouvement coordonné” et “symétrie”, sans que ces deux associations soient nécessairement simultanées :

D *Bah demande à ce qu'ils soient symétriques, comme ça, ça fera comme tout à l'heure (les points bougent simultanément)*

[...]

C *Comment ça se fait que c'est à 4.5 là, et là à 4.8 ? (alors que les points sont symétriques)*

En outre, il apparaît dans les constructions que l'ajustement intervient par défaut, quand aucun autre repère de construction n'est possible.

Troisième phase : anticipation

Il est possible d'observer une troisième étape de la résolution par ces élèves, pour reconstruire le second symétrique (après environ 1h45 de travail).

La comparaison des précédentes tentatives montre qu’elles ne diffèrent pas profondément. On peut considérer qu’elles étaient essentiellement destinées à reproduire les formes, et à “ajouter” à ces formes des propriétés dynamiques.

Après une tentative infructueuse s’appuyant sur la construction des diagonales et leur ajustement, des échecs pour l’utilisation de symétries, une nouvelle procédure de reconstruction totalement différente est mise en œuvre. Les propriétés de l’objet géométrique sont mobilisées afin d’assurer la nature du polygone construit (Fig. 2.9) : construction du 3^e sommet et tracé de la 2^e arête correspondant, tracé des parallèles aux deux premières arêtes, et construction du dernier point par intersection.

En raison de difficultés de prise en main de Cabri 3D, la construction fait intervenir l’ajustement de points, et des tentatives de définir des relations après la définition des objets. Mais les ajustements sont peu nombreux, et il apparaît que la reconstruction s’appuie essentiellement sur les propriétés caractéristiques du losange : côtés parallèles deux à deux, deux côtés consécutifs de même longueur.

Nous avons pu observer des reconstructions de ce type, la tentative précédente concernant ce même losange s’appuyant par exemple sur la construction de diagonales perpendiculaires et l’égalité des sommets. Mais ces diagonales étaient proposées dans l’activité comme support pour reconstruire le losange, aussi on peut relier cette stratégie aux reconstructions précédentes. Dans le cas présent la procédure de construction est entièrement nouvelle, dans la mesure où elle s’appuie sur des propriétés toutes différentes. Pourtant, le peu d’hésitations observable dans le déroulement de la procédure, et l’incompréhension que suscite l’échec (*Attends, comment ça se fait ?*), signalent une capacité d’anticipation forte, y compris en ce qui concerne la validation. Cette validation a priori ne peut s’expliquer que par un travail sur la figure, aussi nous l’interprétons comme une manifestation d’un travail sur la figure articulé avec la procédure de reconstruction.

2.2.3 Retour sur les observations

Ces observations nous ont permis de mettre certains points en lumière : comme nous le souhaitions, la déconstruction dimensionnelle offre des outils efficaces pour la résolution (groupe 1), et son usage semble parfois se stabiliser (groupe 2). En revanche, il semble (groupes 2 et 3) qu’une coexistence de la visualisation iconique et de la visualisation non-iconique survienne, tandis que nous avons signalé auparavant à quel point ces opérations sont profondément différentes, *cognitivement* ! À ce titre, la déconstruction instrumentale semble jouer un rôle central, et offrir une sorte d’“interface” entre visualisation iconique et visualisation non-iconique.

Cela nous conduit nécessairement, pour rechercher quelles peuvent être les modalités de coexistence des deux visualisations et leurs interactions, à interroger profondément la déconstruction instrumentale, au delà du point de vue cognitif pour lequel cette notion semble cohérente. D'un point de vue de l'enseignement, ou d'un point de vue de l'utilisation d'instruments, cette notion met-elle en jeu des opérations réductibles les unes aux autres, ou faut-il au contraire mettre au jour certaines disparités ?

Comme nous l'avons vu nous manquons d'outils théoriques pour apporter, si ce n'est une réponse, au moins des hypothèses.

Enfin, il nous faut signaler la difficulté qui apparaît pour analyser finement les protocoles proposés. Il semble que l'éclairage "visualisations, déconstructions, paradigmes géométriques" nous permette de décrire au mieux des états de stabilité (c'est-à-dire finalement un état initial et un état final), mais soit insuffisant pour décrire des mécanismes d'évolution, ou encore les modalités de la coexistence que nous pensons observer entre visualisation iconique et visualisation non-iconique. Afin de produire des analyses robustes et systématiques, il nous faudra rechercher un outil méthodologique adapté.

Dans un premier temps, nous souhaitons apporter un éclairage instrumental sur notre problématique. Les outils fournis par l'environnement sont au centre de l'action de l'élève, et considérer leur usage comme "transparent" semble problématique.

74 CHAPITRE 2. ÉVOLUTION : RÔLE DE LA DÉCONSTRUCTION INSTRUMENTALE

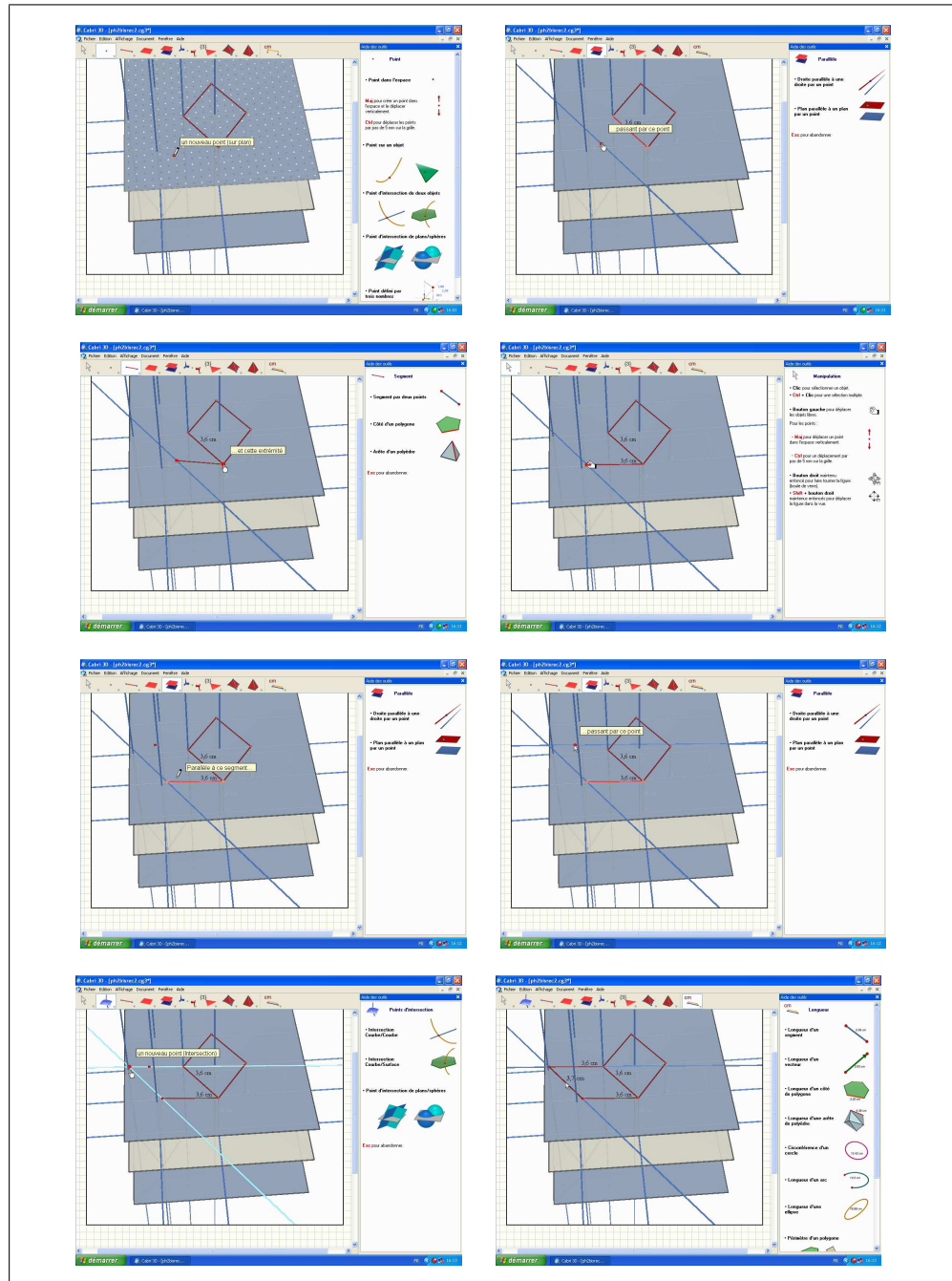


FIGURE 2.9 – Tentative de construction du troisième prisme.

2.3 L'ancrage instrumental

2.3.1 Artefact et schème : deux composantes fondamentales de l'instrument

L'approche instrumentale propose une vision problématisée de la notion d'instrument. Celui-ci n'est pas l'usage "naturel" d'un objet destiné à remplir une fonction donnée, mais cet usage procède d'une construction qui affecte aussi bien le dit objet — puisqu'il lui associe des fonctions — que l'utilisateur lui-même — l'usage n'est pas neutre, il requiert des évolutions de la part de l'utilisateur. Nous proposons ici un bref aperçu de cette approche, permettant de réinterroger nos hypothèses précédentes. Pour un point de vue plus exhaustif, on pourra se référer à la synthèse que propose [Restrepo \(2008\)](#), ainsi qu'aux travaux de [Rabardel \(1995\)](#).

Étudier un instrument, c'est donc étudier un processus d'émergence et d'appropriation des potentialités qu'offre un objet à un utilisateur : une clef à molette peut donner lieu à un instrument permettant de visser un écrou mais, faute de marteau, elle peut aussi intervenir dans un autre instrument permettant de planter un clou. Réciproquement, planter un clou avec un marteau ou avec une clef à molette ne fait pas appel aux mêmes gestes.

Il faut donc séparer deux composantes dans la notion d'instrument : *artefacts* et *schèmes d'utilisation* :

Nous pensons qu'il faut définir l'instrument comme une entité mixte, qui tient à la fois du sujet et de l'objet (au sens philosophique du terme) : l'instrument est une entité composite qui comprend une composante artefact (un artefact, une fraction d'artefact ou un ensemble d'artefacts) et une composante schème (le ou les schèmes d'utilisation, eux-mêmes souvent liés à des schèmes d'action plus généraux). Un instrument est donc formé de deux composantes :

- d'une part, un artefact, matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres ;
- d'autre part, un ou des schèmes d'utilisation associés, résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de ShSU (Schème Sociaux d'Utilisation) déjà formés extérieurement à lui.

([Rabardel, 1995](#), p. 95)

La notion de schème a été abordée dans de nombreux travaux, tels que par exemple les travaux de Piaget, mais nous préférons ici nous appuyer sur la caractérisation qu'en propose [Vergnaud \(1990\)](#). Celle-ci permet de souligner à la fois les rapports de ces schèmes avec les connaissances du sujet (et leur

observation), et le rapport étroit qu'ils entretiennent avec le contexte dans lequel ils sont construits et employés :

Appelons « schème » *l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situation donnée*. C'est dans les schèmes qu'il faut rechercher les connaissances-en-acte du sujet, c'est-à-dire les éléments cognitifs qui permettent à l'action du sujet d'être opératoire.

(Vergnaud, 1990, p. 136)

Rabardel (1995) s'intéresse plus précisément aux schèmes construits ou employés lors de l'interaction d'un sujet et d'un artefact, qu'il désigne comme des « schèmes d'utilisation ». Ces schèmes peuvent avoir deux objets :

- des tâches « secondes », c'est-à-dire tournées vers « *la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact* » (Rabardel, 1995, p. 91). On parlera dans ce cas de **schèmes d'usage**
- des tâches « premières », « *orientées vers l'objet de l'activité, et pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation* » (ibid, p. 91). On parlera alors de **schèmes d'action instrumentée**

Un instrument résulte donc d'une construction impliquant l'artefact et des situations dans lesquelles il sera employé, qui permettent l'émergence de schèmes d'utilisation. Cette construction procède d'un double processus, d'instrumentation et d'instrumentalisation, désigné par la *genèse instrumentale* :

Nous utiliserons le terme d'instrumentation, en accord avec l'usage qui apparaît dominant, pour désigner les aspects du processus de genèse instrumentale orientés vers le sujet lui-même. Nous réserverons celui d'instrumentalisation pour les processus dirigés vers l'artefact :

- Les processus d'instrumentalisation concernent l'émergence et l'évolution des composantes artefact de l'instrument : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements et catachrèses, attribution de propriétés, transformation de l'artefact (structure, fonctionnement etc.) qui prolongent les créations et réalisations d'artefacts dont les limites sont de ce fait difficiles à déterminer ;
- Les processus d'instrumentation sont relatifs à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation et d'action instrumentée : leur constitution, leur fonctionnement, leur évolution par accommodation, coordination combinaison, inclusion et assimilation réciproque, l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués etc.

(Rabardel, 1995, p. 111)

Par exemple, l'instrumentalisation concerne l'habitude qu'a prise mon grand-père de poser un aimant sur son marteau pour que le clou en soit solidaire au moment de le planter — et ne pas se taper sur les doigts. Le changement que cela induit dans le geste à produire pour le premier coup de marteau — moins fort, moins sec, bien positionné... — relève quant à lui de l'instrumentation.

Cette distinction entre artefact et schèmes d'utilisation nous permet d'envisager de manière problématisée l'usage des "outils" de Cabri 3D, que l'on regardera à présent comme des *artefacts*¹. Trouche (2005) souligne la complexité du processus de genèse instrumentale, qui doit s'appréhender simultanément de plusieurs points de vue :

Comprendre la genèse instrumentale suppose de saisir plusieurs articulations :

- l'articulation entre les *schèmes sociaux* [...] et les *schèmes individuels* (que l'individu constitue par et pour lui-même ;
- l'articulation entre deux types de *schèmes d'utilisation* : les *schèmes d'usage* [...] (Rabardel, 1995) et les *schèmes d'action instrumentée* [...];
- l'articulation entre deux composantes *duales* de la genèse : une composante d'*instrumentalisation* [...] et une composante d'*instrumentation* [...];
- l'articulation entre ce que l'outil *impose* de faire — les contraintes — et ce qu'il *permet* de faire — les potentialités ;
- l'articulation enfin entre les différents artefacts, ou entre différents *niveaux d'artefacts*, dont le sujet dispose pour son action.

(Trouche, 2005, p. 16)

Dans un environnement informatique tel que Cabri 3D, il ne saurait donc être question d'ignorer la difficulté que pose l'utilisation des outils proposés : prise en main des outils et émergence de schèmes d'utilisation afin de pouvoir traiter les problèmes posés.

2.3.2 Un regard instrumental sur Cabri 3D

L'étude de l'intégration des environnements informatiques dans l'enseignement des mathématiques a donné lieu à nombre d'interrogations portant sur les particularités de la genèse instrumentale dans ce contexte. Comme

1. Trouche (2005) propose la notion d'*outil* qu'il situe par rapport aux notions d'artefact et d'instrument, mais nous n'opérons pas cette distinction. Nous désignerons par ce terme les primitives proposées par Cabri 3D : construction, transformation, mesure, etc.

le souligne Restrepo (2008), il a été montré que ce processus est éminemment complexe, et ne peut être séparé d’une construction simultanée de connaissances mathématiques (ibid, p. 41). Les logiciels de géométrie dynamique posent des problèmes spécifiques, du point de vue de l’élève qui doit construire des instruments adaptés aux problèmes posés dans un environnement riche et peu “dirigiste”, et du point de vue de la conception des situations d’enseignement qui doivent prendre en compte ces difficultés, ce que Healy et Kynigos (2010) résumant ainsi :

An important question for researchers will be to consider how a given microworld becomes transformed into an instrument by learners. Indeed, a criticism that can be levelled at studies investigating microworld use is that the complexities associated with the appropriation by the user of the microworld tools have not always been given adequate attention. In retrospect, this might be linked to the fact that microworld designers have aimed to produce representations of mathematics more accessible than their traditional counterparts and, hence, perhaps underestimated the demands associated with turning microworld tools into useable instruments.²

(Healy et Kynigos, 2010, p.66)

L’objet de notre travail n’est pas ici de procéder à une étude de Cabri 3D du point de vue instrumental. La construction d’instruments particuliers et clairement identifiés, ou les conséquences de la prise en main des outils, ne seront donc pas envisagés pour elles-mêmes. Nous souhaitons limiter autant que possible l’étude de cette genèse instrumentale pour considérer les instruments comme révélateur d’un état de connaissance du sujet. Ainsi, nous ne regarderons pas comment s’opère une genèse instrumentale s’appuyant sur la primitive “parallèle”, mais interrogerons les différents schèmes envisageables, pour résoudre un problème donné. Les schèmes d’usage, traduisant plutôt une adaptation du sujet aux contraintes de l’artefact, permettront ainsi d’étudier les connaissances du sujet : il est délicat d’utiliser la primitive “rotation” sans une certaine anticipation, et certaines connaissances. Les schèmes d’action instrumentée seront pour leur part interprétés relativement à différentes approches d’un problème par le sujet — parallèle pour

2. Une question importante pour les chercheurs sera de prendre en compte comment un micromonde donné est transformé en un instrument par les apprenants. En effet, une critique qui peut être adressée aux études portant sur l’usage des micromondes est que la complexité de l’appropriation des outils par l’usager n’a pas toujours été envisagée avec assez d’attention. Rétrospectivement, cela est probablement lié au fait que les concepteurs de micromondes ont souhaité produire des représentations d’objets mathématiques plus accessibles que leurs équivalents traditionnels et, de fait, ont peut-être sous-estimés les contraintes associées à la transformation des outils du micromonde en instruments utilisables. (notre traduction)

reproduire une forme, une propriété, etc.

Cependant, étant donné la diversité d'usages que nous avons pu observer en 2.2, il nous semble nécessaire d'apporter quelques précisions. Nous avons tout d'abord pu observer que l'utilisation de primitives de construction — construction directe, transformations, etc. — était extrêmement variée : du point de vue de leur finalité, mais aussi de la facilité de prise en main. Par exemple, contrairement au premier groupe, le groupe 3 n'a pas pu contrôler l'utilisation de l'outil "rotation". Ensuite, il est apparu que le statut de l'utilisation de certains outils, notamment les outils de mesure, était profondément affectée par le statut des dessins : inutilité pour le premier groupe, vérification pour le second, et guide de construction pour le troisième au début de l'activité. Enfin, le rôle du déplacement dans les observations — ajustement des formes pour le groupe 1 ou validation par invariance de propriétés pour le groupe 3 — nous conduit à interroger les divers instruments du déplacement mis en place.

Primitives de construction

Les primitives de construction sont, comme leur nom l'indique, celles qui permettent de construire des objets dans le logiciel. Laborde et Capponi (1994) distinguaient les *primitives de dessin pur* — permettant la construction d'objets au jugé, par exemple des points ou des droites — des primitives géométriques — construction en référence à d'autres objets, selon des contraintes géométriques, comme milieu, parallèle, etc. Il faudra pour notre part effectuer une distinction supplémentaire, puisque nous souhaitons observer différemment les primitives géométriques "simples" et "complexes".

Le critère que nous choisissons pour la "simplicité" sera celui du nombre de choix à effectuer par l'utilisateur avant une rétroaction visuelle. Une rétroaction immédiate permet de contrôler simultanément le choix d'un second argument et le résultat qui en découle. Il est ainsi possible d'ajuster aisément la valeur du second argument en fonction du résultat souhaité, et de procéder par "essai-erreur". En revanche, quand il s'avère nécessaire de fixer la valeur de plus de deux arguments avant toute rétroaction visuelle, nous faisons l'hypothèse que le coût d'une recherche par essai-erreur devient prohibitif : en l'absence de contrôle visuel, la seule stratégie envisageable devient le parcours aveugle des différentes combinaisons possibles, qui sont rapidement très nombreuses.

L'outil "somme de deux vecteurs" sera ainsi jugé complexe, l'outil "milieu" sera simple.

Définition 5

Nous considérerons comme *simple* une primitive géométrique dont l'usage fait appel à moins de deux arguments.

*Une primitive géométrique sera jugée **complexe** si son usage s'appuie sur le choix de plus de trois arguments.*

Soulignons que ce vocabulaire de “simplicité” ou “complexité” d’un outil ne préjuge pas de la difficulté pour le sujet à s’appuyer sur son usage dans une résolution de problème. Il désigne la possibilité de rechercher, en mobilisant très peu de connaissances géométriques, par essai-erreur, des schèmes d’usage dont la finalité ne serait pas nécessairement la résolution d’un problème de géométrie. La difficulté d’usage d’un outil vu comme un artefact sera fonction de la complexité de l’outil, mais aussi des connaissances du sujet que nous n’avons pas prises en compte ici.

Par exemple, pour des élèves de seconde, l’usage de l’outil “cube”, bien que reposant sur le choix de trois arguments (plan de base, centre de la base, sommet de la base) sera généralement aisé en raison de la familiarité de cet objet. L’usage de l’outil “translation”, ne faisant appel qu’à deux arguments, sera en revanche plus délicat.

Primitives de dessin pur

Les primitives de dessin pur permettent des constructions au juger, et il est possible de considérer que l’émergence de schèmes d’usage peut se faire sans l’intervention de connaissances mathématiques très élaborées — éventuellement par essai-erreur.

L’observation des schèmes d’usage est donc pauvre en information : leur absence met en lumière une mauvaise appropriation des outils de Cabri 3D — qu’il faudra bien entendu prendre en compte —, mais leur présence ne donne que peu d’information sur le traitement de la tâche par l’élève.

En revanche, l’observation de l’emploi de ces outils dans des schèmes d’action instrumentée, dont la finalité dépasse le seul usage de l’artefact, peut s’avérer beaucoup plus riche : le positionnement d’un point à la verticale d’un lieu peut être par exemple très significatif. Ces schèmes devront faire l’objet d’une attention spécifique de notre part.

Primitives géométriques simples

Ce cas est à rapprocher des primitives de dessin pur en ce qui concerne les schèmes d’utilisation observés : ici encore, nous concentrerons notre attention sur les schèmes d’action instrumentée.

Ainsi, la primitive “parallèle” ne fait appel qu’à deux arguments : une direction et un point, et la rétroaction visuelle offerte dès la sélection de la direction permet une utilisation “au juger”. Cependant, le fait même de faire intervenir une contrainte — géométrique — pour la construction sera un point crucial qu’il nous faudra discuter.

Primitives géométriques complexes

L’usage de ces primitives diffère en raison de la nature des schèmes d’usage

efficaces. S'ils pouvaient émerger d'une recherche par essai-erreur dans les cas précédents, cela devient extrêmement coûteux, et les résultats produits sont de fait peu contrôlés. C'est par exemple le cas de la primitive "rotation" pour le troisième groupe que nous avons observé : les élèves ne disposant pas d'outils théoriques leur permettant de produire un schème d'usage adéquat, leur utilisation empirique conduit à la production de résultats plus ou moins aléatoires et incontrôlés.

En revanche, la construction de Cabri3D repose sur la réalisation d'objets mathématiques — transformation, constructions respectant des propriétés données... — et les messages proposés par l'environnement lors de la déclaration des actions est très proche de la formulation employée en mathématiques. Nous faisons donc l'hypothèse suivante :

Hypothèse de travail 3

Des actions déterminées et finalisées dans un cadre théorique de type GII, s'appuyant sur la géométrie euclidienne, sont très aisément réalisées dans Cabri3D, en raison des primitives de construction proposées.

Notons, pour plus de précision, que cela ne serait absolument pas le cas dans un logiciel de DAO : un apprentissage très spécifique serait nécessaire pour transformer des exigences contrôlées par GII en réalisations matérielles à l'interface du logiciel.

Ainsi, ces primitives ne sont "complexes" que dans la mesure où la production de schèmes d'usage efficaces fait appel à un traitement hors de Cabri3D. L'observation de ces schèmes, et éventuellement de leur émergence, sera de fait révélatrice de l'état de connaissance du sujet.

Bien entendu, l'observation de schèmes d'action instrumentés mettant en jeu ces artefacts sera elle aussi signifiante.

Outils de mesure

Tout comme pour les primitives de dessin pur, nous interrogerons peu les schèmes d'usage ou leur construction, mais nous intéresserons essentiellement aux schèmes d'action instrumentée. La finalité des instruments construits nous renseignera sur le statut des propriétés de mesure : mesurer pour mieux contrôler l'ajustement d'une position ou afin d'invalider une construction auront deux significations profondément différentes en ce qui concerne l'activité mathématique de l'élève.

Le déplacement

La possibilité de déplacer un objet, et l'interprétation des conséquences qui en découlent, est fondamentale dans les environnements de géométrie dynamique. Nous avons mentionné (1.3.3, p. 54) le rôle que le déplacement est

susceptible de jouer dans le cas tridimensionnel, puisqu'il s'agit de l'une des rares observations visuelles parfaitement fiables. Plus encore qu'en géométrie plane, il faudra observer l'utilisation par les élèves du déplacement. Celle-ci, si elle pourrait sembler aisée ou naturelle, s'avère en réalité particulièrement complexe, source de difficultés nombreuses, en raison de la multiplicité des instruments attachés à cet artefact.

Restrepo (2008) distingue ainsi le déplacement non-finalisé mathématiquement — pour l'exploration de la figure, par exemple rechercher les “*points qui bougent*” —, le déplacement pour ajuster — pour ajuster la position d'un objet —, le déplacement pour identifier les invariants de la figure, le déplacement pour constater les variations de la figure au cours du mouvement — recherche de dépendance entre deux points, analyse des variations de la figure... —, le déplacement pour trouver la trajectoire d'un point, pour valider une conjecture/propriété, pour invalider une construction, pour valider une construction. (ibid, pp. 240 - 243). On voit ici la multiplicité des instruments, et l'auteur montre que l'émergence de ces schèmes suit une certaine chronologie et est corrélative des connaissances du sujet, à la fois sur le plan mathématique et concernant l'utilisation même de l'environnement. Ainsi, le déplacement ne peut permettre la recherche d'invariants tant que subsiste la peur de “détruire” la construction, identifiée par exemple par Rolet (1996).

Hatterman (2009, 2010) montre que le cas de l'espace est relativement similaire, et identifie des instruments cohérent avec la géométrie plane. Cependant certaines différences, liées à la géométrie dans l'espace, sont identifiées. La première tient en ce qu'il est impossible de déplacer un point simultanément dans les trois directions de l'espace. Ainsi, dans Cabri 3D, le déplacement se fait soit parallèlement au plan de (Oxy) , soit selon l'axe (Oz) . Il faut donc considérer que le *déplacement libre* identifié dans le plan donne lieu à un *déplacement limité par l'environnement* (Hatterman, 2010, p. 5). Ensuite, certaines utilisations du déplacement apparaissent et sont propres à la géométrie dans l'espace. Il s'agit notamment d'identifier des configurations particulières d'un objet, du *test de fonction* — pour déterminer le but dans lequel un point a été construit — et du *test du degré de liberté* — pour explorer le nombre de degrés de liberté d'un point. Ce dernier semble avoir un rôle beaucoup plus central en 3D, bien que difficile à mettre en place par les étudiants.

Ces travaux permettent de considérer les usages du déplacement comme des indicateurs pertinents de l'activité de l'élève. Cependant, l'analyse doit être menée avec circonspection, tant les instruments sont multiples et doivent s'interpréter relativement au sujet, mais aussi à la tâche qui lui est proposée, comme le souligne l'auteur :

Due to our research results we recommend to separate the analysis of dragging modalities in construction and exploratory tasks. We claim that the cognitive processes in students' mind for example by 'dragging to adjust' are quite different in construction and exploratory tasks. 'Dragging to adjust' in construction tasks (task 1) is a strong indicator of a non-experienced proband whereas in an exploratory task (task 2), the same instrument is appropriate to find new intersection figures.³

(Hatterman, 2010, p. 7)

Il nous faudra donc envisager les différentes instrumentations du déplacement dans l'analyse a priori de situations, en s'appuyant à la fois sur les différents instruments mis en évidence par Restrepo (2008) et Hatterman (2010) et sur les caractéristiques des situations.

Il apparaît néanmoins dès à présent que les instruments auxquels donnent lieu le déplacement ont des visées différentes, qui transparaissent dans les schèmes d'action instrumentée employés, et nous proposons de fait d'interroger la déconstruction instrumentale de ce point de vue.

2.3.3 La déconstruction instrumentale : une notion hétérogène ?

Nous avons pu voir que les instruments s'appuyant sur Cabri 3D, employés lors de la résolution de problèmes de géométrie, sont intrinsèquement liés aux connaissances du sujet. Interroger leur nature nous conduit à prendre en compte les particularités des représentations sur lesquels ils agissent, des artefacts eux-mêmes, et des connaissances impliquées dans les genèses instrumentales.

Dès lors il nous faut interroger la notion de déconstruction instrumentale : notre définition (2, p. 18) souligne la temporalité inhérente à l'usage d'instruments, mais n'interroge pas la nature de ces instruments. Pourtant, peut-on considérer de la même manière une déconstruction instrumentale visant à reproduire des propriétés mécaniques et une autre permettant de représenter des objets géométriques ? En d'autres termes, notre définition — et le rattachement de la déconstruction instrumentale à la visualisation non-ictonique — repose sur la décomposition d'un objet en une succession de *tâches secondes*, mais ne s'intéresse pas aux *tâches premières* sous-jacentes.

3. *Les résultats de nos recherches nous conduisent à proposer une analyse différente des modalités du déplacement dans les tâches de construction et d'exploration. Nous prétendons que les processus cognitifs des étudiants, par exemple quand ils "déplacent pour ajuster", sont assez différents dans des tâches de construction et d'exploration. "Déplacer pour ajuster" dans une tâche de construction (tâche 1) est un indicateur fort d'un proband inexpérimenté, tandis que dans une tâche d'exploration (tâche 2), le même instrument est approprié pour trouver de nouvelles figures d'intersection.* (notre traduction)

Cette perspective, plus générale, nous permet d’apporter une nuance importante. Si la décomposition d’un objet en un assemblage d’unités figurales fait signe vers la visualisation non-iconique, l’objectif et le critère de validité de cette déconstruction peuvent être la reproduction d’une forme, ce qui en revanche relève de la visualisation iconique.

Il nous faudra donc distinguer deux occurrences de la déconstruction instrumentale (Fig. 2.10).

La déconstruction instrumentale à visée iconique

Dans le premier cas, la reproduction d’une forme est le seul critère de validité de la construction. L’usage d’artefacts ne peut provenir que de l’*expérience* — essai-erreur, schèmes sociaux... — mais ne tirent pas leur validité de considérations portant sur un objet géométrique. Cette déconstruction instrumentale, si elle fait signe vers la visualisation non-iconique, reste donc profondément attachée à la visualisation iconique par son objet, et s’inscrit dans GI.

Nous pouvons interpréter ainsi la construction par le troisième groupe d’un plan parallèle au plan de base, portant le losange supérieur : même s’il s’agit de décomposer le prisme en ses faces, l’horizon de cette construction est de reproduire la forme du modèle, et ses dimensions. L’usage de la primitive “parallèle” sert ici à mieux contrôler la construction, mais le parallélisme est envisagé comme une caractéristique de la forme plutôt qu’une relation entre les deux faces. De fait, quand il sera possible de contrôler les formes sans s’appuyer sur des primitives géométriques, ces dernières seront délaissées : ainsi les arêtes de la base losange sont construites par ajustement des sommets.

La déconstruction instrumentale à visée non iconique

Dans le second cas, la construction effectuée est la matérialisation d’opérations effectuées sur la figure, et vise à produire une représentation respectant des propriétés géométriques qui en définissent la structure. Elle relève donc de la visualisation non-iconique à la fois par le fait qu’elle s’appuie sur une décomposition de l’objet visé, mais aussi car celui-ci est considéré comme représentant d’un objet assemblage d’unités figurales — et non comme une forme uniquement.

On pourra par exemple considérer que cette modalité de déconstruction instrumentale peut émerger d’un travail sur la figure, en traduisant une matérialisation de sa déconstruction dimensionnelle, transformant une description de sa structure en une procédure constructive. Soulignons encore

que cette transformation n'a rien de "naturel" — comme par exemple dans un logiciel de DAO —, même si les caractéristiques de Cabri 3D la rendent plus aisée.

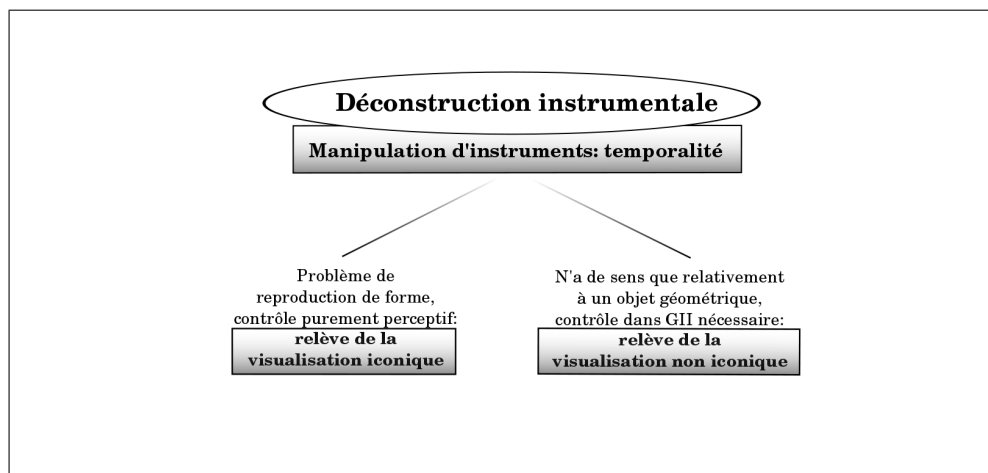


FIGURE 2.10 – Deux déconstructions instrumentales

Quels observables dans Cabri 3D ?

Concernant Cabri 3D, ces deux modalités de la déconstruction instrumentale sont en fait cohérentes avec la distinction que nous avons proposée entre des primitives géométriques simples et complexes. Comme nous l'avons signalé, l'usage de primitives simples ne désigne pas une déconstruction instrumentale centrée sur la reconstruction de formes, et il nous faudra pour cela observer des procédures plus larges. L'analyse dont leur usage fera l'objet sera comparable à celle des instrumentations du déplacement, et devra découler de l'analyse a priori.

En revanche, nous avons fait l'hypothèse qu'un contrôle théorique basé sur GII permet un usage aisé de primitives complexes. Nous avons aussi mentionné la difficulté d'élaborer des schèmes d'usage sans le recours à une géométrie de type GII, car alors le coût de l'usage de ces primitives devient rédhibitoire. Cela nous conduit donc à formuler une l'hypothèse réciproque, qu'il nous faudra confirmer par l'observation :

Hypothèse de recherche 4

Une genèse instrumentale où interviennent des primitives géométriques complexes motive un travail dans GII, généralement seul à même de permettre l'élaboration de schèmes d'usage efficace.

À ce titre, nous pourrions donc considérer que l'usage de ces primitives traduit une déconstruction instrumentale relevant de la visualisation non iconique et d'un travail sur un objet géométrique.

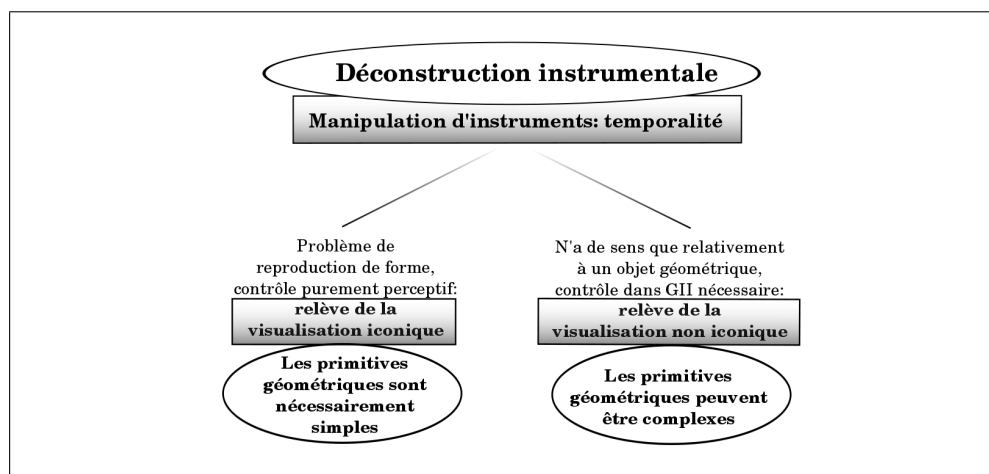


FIGURE 2.11 – Usage des primitives et déconstruction instrumentale

Cela nous conduit à interroger les relations qui peuvent exister entre ces déconstructions instrumentales, et d’une manière plus large entre la visualisation iconique et les procédures relevant de la visualisation non-iconique.

2.3.4 Des interactions imprévues

Duval (1994, 1999, 2005) n’a cessé de souligner la distance séparant, d’un point de vue cognitif, les différentes appréhensions, visualisations et déconstructions que nous avons pris en considération. Nous même avons signalé combien ces opérations résultent de regards différents sur les problèmes de géométrie et les objets concernés.

Pourtant, il est apparu que nous pouvions remettre en question l’apparente unité de la déconstruction instrumentale. Nous avons de même pu observer, a priori, une coexistence et une évolution que nous n’avions pas anticipé. Cela nous conduit à considérer de nouveau les questions suivantes :

- (1) La pratique d’une activité favorise-t-elle l’acquisition des manières de voir liées aux autres types d’activité ? Privilégier, par exemple, les activités de construction entraîne-t-il le développement de la capacité heuristique à enrichir et à réorganiser les figures ?

Cette question du transfert, essentielle dans les apprentissages, peut être élargie :

- (1bis) Y aurait-il un ordre, et donc une hiérarchie à respecter, pour introduire les activités propres à ces quatres entrées⁴ ? Par

4. *botaniste, arpenteur-géomètre, constructeur, inventeur-bricoleur* (nous précisons)

exemple, l'approche botaniste peut-elle être considérée comme la première étape nécessaire à toute acquisition de connaissances géométriques ?

(Duval, 2005, p. 12)

Cette question du transfert apporte cependant une interrogation qui relève de l'enseignement, et ne peut être réduite à une approche cognitive qui distingue différentes approches sans pouvoir envisager d'interactions. L'approche instrumentale nous permet de formuler certaines hypothèses d'interaction et d'évolution propres à la déconstruction instrumentale.

Interaction de deux déconstructions instrumentales

Si les deux déconstructions instrumentales semblent relever du même processus, c'est-à-dire proposer un processus de construction d'un objet matériel, elles diffèrent profondément

- par le statut des objets construits : reproduction de la forme d'un objet matériel ou représentant d'un objet géométrique
- par les schèmes d'usage mis en œuvre : schèmes éventuellement élaborés par essai-erreur, ou faisant nécessairement appel à un travail dans GII
- par le contrôle des actions réalisées avec ces instruments : contrôle essentiellement visuel dans le premier cas, ou pouvant s'affranchir de la visualisation dans le second
- par la possibilité de prise en charge des invariants du déplacement : très limitée et souvent partielle dans le premier cas, complète dans le second

Il est donc possible, dans le cadre de la TSD, d'envisager des interactions entre ces deux déconstructions. La première, plus simple à mettre en œuvre, offre des instruments pertinents et efficaces pour reconstruire des formes. Pour autant, elle ne permet généralement qu'une reproduction limitée des invariants du déplacement et s'appuie fondamentalement sur un contrôle visuel des réalisations et de leur validité.

Il s'agit ainsi de construire des situations pour lesquelles la première forme de déconstruction instrumentale permettrait une résolution partielle des problèmes, et où les primitives complexes seraient à même de permettre la construction d'instruments plus adéquats. La recherche de schèmes d'usages efficaces serait alors susceptible, selon notre hypothèse de recherche 4, de susciter un travail dans GII et donc la seconde modalité de déconstruction instrumentale. (Fig. 2.12) Cette évolution en direction d'une forme de déconstruction instrumentale plus fortement ancrée dans un paradigme de type GII consiste finalement en une genèse instrumentale impliquant un artefact "contenant" des connaissances mathématiques. Ce processus correspond d'une certaine manière à ce que Mariotti (2000) étudie comme médiation

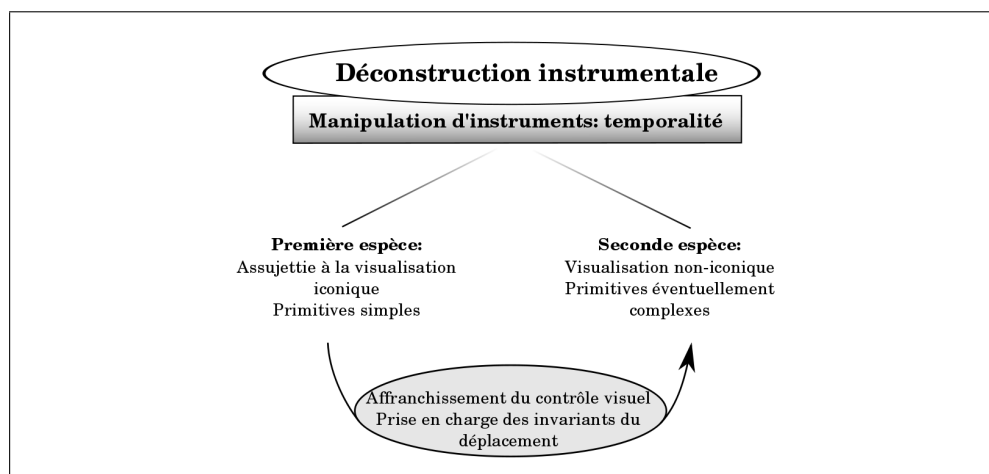


FIGURE 2.12 – Interaction des deux formes de déconstruction instrumentale

sémiotique impliquant un “*artefact culturel*”⁵ :

The functioning of an artefact in the development of meaning can be described taking into account the process of semiotic mediation which develops at different levels :

- The pupil uses the artefact, according to certain utilisation schemes, in order to accomplish the goal assigned by the task ; in doing so the artefact my function as a semi-otic mediator where meaning emerges from the subject’s involvement in the activity.

[...]

(Mariotti, 2000, p. 36)

Il était donc cohérent d’anticiper que, sous des contraintes bien choisies, la déconstruction instrumentale se complexifie et fait intervenir un contrôle théorique croissant. La recherche d’éléments de réponse aux questions que nous avons citées p. 86 (2.3.4) nous conduit à formuler deux hypothèses supplémentaires. La première concernera l’émergence de la déconstruction instrumentale dans une activité s’appuyant sur la visualisation iconique. La seconde concernera la capacité de la déconstruction instrumentale à susciter un passage vers la déconstruction dimensionnelle, et les conditions de ce passage.

La visualisation iconique et la déconstruction instrumentale

La question qui se pose ici est la suivante : la déconstruction instrumentale peut-elle émerger dans une activité conditionnée par la visualisation

5. “*A microworld like Cabri is a particular case of cultural artefact*”, (Mariotti, 2000, p. 36)

iconique ? Nos observations — notamment le troisième groupe — laissent à penser que cette éventualité est à prendre en compte, et la prise en compte d'une déconstruction instrumentale dont la visée serait conditionnée par la visualisation iconique permet de l'interpréter.

Il n'y a de fait pas de rupture majeure relativement à l'objectif visé par la construction dans ces deux cas, puisqu'il s'agit toujours de reproduire une forme, dotée des bonnes caractéristiques physiques — grandeurs, allure générale. . .

Une évolution majeure se situe du côté des moyens mis en œuvre pour parvenir à ces constructions, et du contrôle des actions. D'une construction initialement réalisée "au juger", il s'agit de s'appuyer sur des primitives de construction offrant un contrôle partiel des propriétés de l'objet construit, contrôle qui s'exerce alors a priori. Par exemple, l'usage de l'outil "parallèle" impose de positionner la parallèle construite à une position visuellement identifiée, néanmoins sa direction est contrôlée a priori par cet outil.

Pour parvenir à cette déconstruction instrumentale, une seconde évolution doit s'opérer pour maîtriser la temporalité de la procédure. En effet, la construction doit obéir à un processus de construction dont les actions ne sont pas interchangeable, contrairement aux constructions relevant purement de la visualisation iconique. Les objets sont construits selon un ordre précis qui permet déjà d'envisager des relations entre les objets.

Pour illustrer ce propos, étudions deux constructions du rectangle à la règle et au compas. La première consiste en la construction de deux droites dont les directions sont visiblement parallèles — disons horizontales —, puis deux droites verticales. L'ordre des constructions n'a aucune incidence sur le processus lui-même, et toute permutation de l'ordre des tracés produit un résultat similaire. La seconde (Fig. 2.13) reproduit une méthode employée en dessin technique, car plus précise que la construction de perpendiculaires successives : tracer une droite, deux sommets sur cette droite, deux cercles centrés en les sommets et de rayon la longueur des côtés à construire, la droite tangente aux deux cercles (parallèle à la première droite), et enfin les deux côtés manquant.

La seconde construction peut n'être qu'une technique apprise permettant de reproduire une forme, et son but n'avoir aucun rapport avec la visualisation non-iconique, mais pourtant cela relève déjà de la déconstruction instrumentale.

Nous formons l'hypothèse que ces deux évolutions peuvent advenir pour pallier les limites du contrôle purement visuel des constructions. La première s'accompagne ainsi de l'émergence de schèmes d'usage permettant de s'appuyer sur l'utilisation de primitives géométriques. La seconde correspond en fait à l'émergence de schèmes d'action instrumentée imposant un ordre de construction, qui permettent de considérer un passage effectif vers la déconstruction instrumentale.

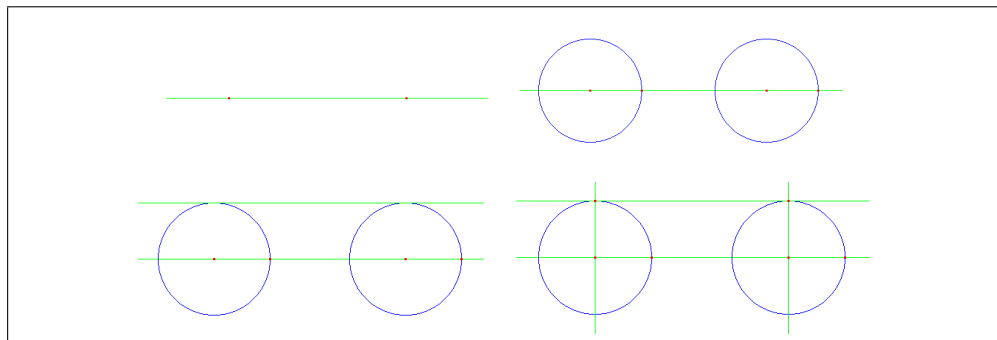


FIGURE 2.13 – Une déconstruction instrumentale du rectangle

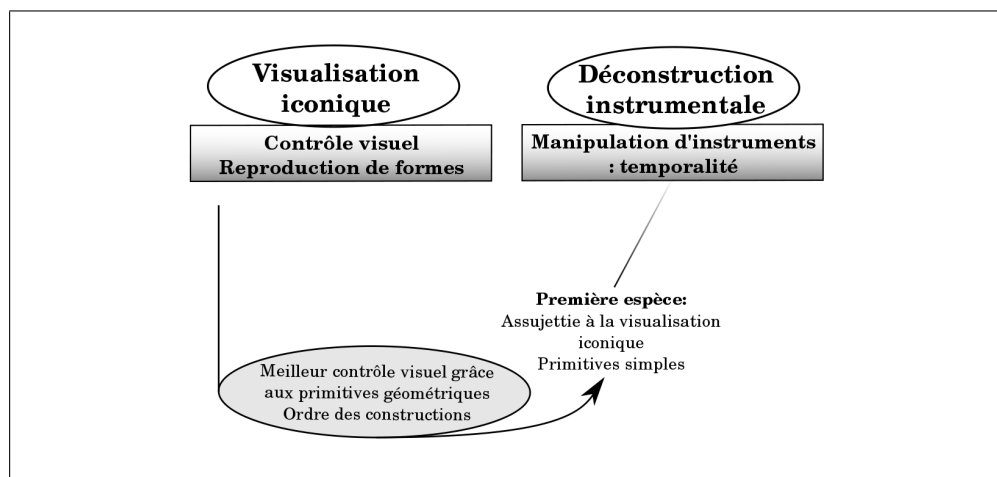


FIGURE 2.14 – Interaction entre visualisation iconique et déconstruction instrumentale

Cette hypothèse, si elle est fondamentale dans notre perspective, n'est pas suffisante pour autant. En effet, le passage à la déconstruction instrumentale, a plus forte raison quand elle est contrôlée par la visualisation iconique, ne garanti en rien une évolution vers la déconstruction dimensionnelle, ni même vers la visualisation non-iconique.

Cependant notre hypothèse précédente nous permet, compte tenu des particularités de l'environnement et des choix que nous aurons à opérer pour proposer des situations d'enseignement, d'envisager un continuum entre la visualisation iconique et la déconstruction instrumentale de seconde espèce.

Ce sont donc les relations entre cette dernière et la déconstruction dimensionnelle, dans le contexte de Cabri 3D, qui forme le point névralgique de nos hypothèses.

Les premières relations que nous avons proposées n'ont rien de spécifiques à un environnement tel que Cabri 3D. L'émergence d'objets caractérisés par

des procédures de constructions peut parfaitement s'envisager dans un environnement papier-crayon, avec la règle et le compas — l'exemple (Fig. 2.13) que nous avons proposé en est tiré. De même, une complexification de la déconstruction instrumentale émergeant de reconstructions "simples" est envisageable dès que les artefacts utilisés sont complexes — on pensera par exemple aux *machines mathématiques* utilisées par M. Maschieto.

Déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle

Le passage vers la déconstruction dimensionnelle n'a en revanche rien d'évident, et Duval (2005) propose même l'hypothèse inverse :

On ne peut pas espérer que les élèves, qui en restent très légitimement aux fonctionnements cognitifs propres à la visualisation iconique, puissent entrer dans la compréhension d'énoncés et de démarches discursives qui s'appuient sur une visualisation non-iconique et qui requièrent le réflexe optique de la déconstruction dimensionnelle des formes. D'où l'importance d'un travail long et spécifique pour faire entrer dans ces manières si particulières de voir qui sont propres à la géométrie. Mais on ne peut non plus espérer que les élèves qui seraient essentiellement entraînés aux manières de voir du constructeur ou de l'inventeur bricoleur, c'est-à-dire à une construction instrumentée des figures ou à des justifications par des transformations figurales, puissent entrer dans la compréhension du fonctionnement des déductions valides sans lesquelles il ne peut y avoir de preuves fondées sur des définitions ou des théorèmes.

(Duval, 2005, p. 50)

Nous souhaitons montrer ici que les caractéristiques de Cabri 3D nous permettent de formuler une hypothèse différente.

La première raison est la proximité existant entre les primitives et certains objets géométriques — par exemple les transformations, les polyèdres réguliers... C'est en ce sens que nous avons formulé l'hypothèse de travail 3 et, réciproquement, l'hypothèse de recherche 4. Pour autant, cela ne garantit pas le passage vers la déconstruction dimensionnelle : le recours à GII peut n'être que contextuel, et limité à des occurrences très ponctuelles dans un processus de déconstruction encore marqué par la nature des artefacts employés et par une forte dimension temporelle. Pour que la déconstruction dimensionnelle puisse prendre sens dans l'activité géométrique, les relations entre unités figurales doivent être décontextualisées, envisagées hors du seul processus de construction.

La deuxième raison que nous invoquerons est donc le rôle des caractéristiques de la géométrie dynamique, et notamment du déplacement. Envis-

agées comme des invariants du déplacement, les relations entre unités figurales ne sont plus assujetties à un procédé constructif. Bien entendu, il faut y recourir pour produire ces relations, en revanche l'interprétation des invariants renvoie à des caractères structurels de l'objet, et de fait à la déconstruction dimensionnelle.

Enfin, la validation des constructions peut ne plus être assujettie à la perception visuelle. La déconstruction instrumentale de seconde espèce permettait de s'affranchir du contrôle perceptif de l'usage des primitives — ce qui correspond à des tâches secondes —, sa dialectique avec la déconstruction dimensionnelle offre une validation *a priori* des procédures de construction — les tâches premières. En particulier, cela justifie un travail portant sur l'objet géométrique, dans GII, pour montrer la congruence de deux déconstruction dimensionnelle et justifier des procédures de construction.

Par certains usages de Cabri 3D, l'horizon de GII et de la déconstruction dimensionnelle semblent ainsi pouvoir émerger conjointement d'une déconstruction instrumentale de seconde espèce. Réciproquement, pour offrir des procédés constructifs, la déconstruction dimensionnelle doit se recontextualiser dans un processus constructif, et donner naissance à des déconstruction instrumentale. À ce titre, et en vertu de notre hypothèse de travail 3, les primitives complexes s'avèrent particulièrement propices à cette "contextualisation". C'est donc une dialectique qui s'engage entre déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle, que résume la figure 2.15.

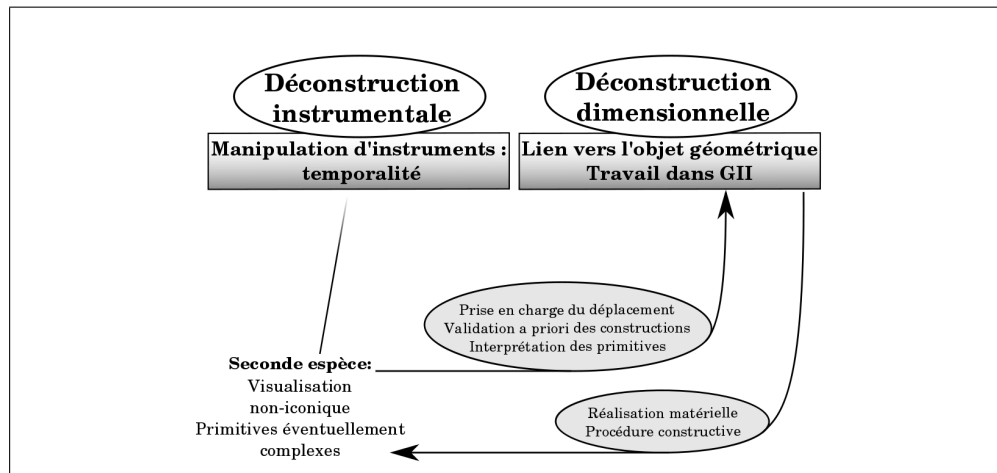


FIGURE 2.15 – Interaction entre déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle

Déconstruction dimensionnelle et visualisation iconique

Il nous faut enfin envisager la coexistence de deux appréhension des dessins a priori profondément différentes. En effet l'observation du premier

groupe montre que, même quand la déconstruction dimensionnelle est mobilisée, la reconstruction de formes reste pertinente, et cela conduit à interroger le rôle potentiel de la visualisation iconique dans l'activité mathématique du sujet.

La position que nous avons adoptée tend à l'exclure *de facto* quand l'activité est centrée sur l'objet géométrique, ces deux approches étant inconciliables d'un point de vue cognitif. Pourtant, un mathématicien qui voit le dessin d'un carré ne procède pas à une déconstruction systématique, et rien ne l'empêche de *reconnaître* un carré à sa forme, ce qui indique un recours ponctuel à la visualisation iconique (pour plus de précisions, voir 1.1.2, p. 14). Bien souvent, cette reconnaissance visuelle est amplement suffisante pour l'activité qu'il doit mener, et présente l'avantage d'exiger moins d'opérations pour le traitement de l'information perçue.

C'est donc l'efficacité de ce mode d'appréhension qui nous conduira à formuler l'hypothèse d'un possible "retour" à la visualisation iconique, retour qui reste cependant ponctuel et dont la validité des résultats obtenus est limitée.

2.4 Retour sur nos questions de recherche

2.4.1 Un premier bilan

Ces premières observations, bien qu'imprécises, ont permis de mettre en relief certaines limites de nos outils d'analyse. Il s'est notamment avéré qu'un point de vue exclusivement centré sur les paradigmes géométriques, les différentes appréhensions du dessin, et ses fonctions dans l'activité géométrique, souffrait de deux défauts majeurs. Le premier était l'absence de prise en compte des artefacts offerts par l'environnement informatique, que nous considérions comme non-problématiques. Le second était l'incapacité à envisager des relations entre les différentes appréhension du dessin, particulièrement dommageable dans une perspective d'enseignement puisque le passage vers la déconstruction dimensionnelle ne pouvait alors s'envisager que comme une rupture brutale.

L'approche instrumentale constitue une réponse à la première difficulté, et permet de souligner l'incidence de l'usage de primitives sur l'activité géométrique du sujet. Il est apparu que notre définition de la déconstruction instrumentale, centrée sur des caractéristiques fondamentales des opérations réalisées sur les objets considérés, devait s'enrichir de considérations relatives aux instruments employés : au delà des particularités du procédé constructif que nous avons caractérisées, en quoi les instruments employés affectent-ils l'activité du sujet, et en donnent-ils des observables ? En particulier il s'agissait de procéder à une étude des différents schèmes d'utilisation en-

visageables, en prenant en compte tant l'artefact que les connaissances du sujet.

Cela nous a conduit, relativement aux primitives de Cabri3D, à considérer deux modalités de déconstruction instrumentale. Dans le cas d'un assujettissement à la visualisation iconique, qui contrôle la finalité et la validation des actions, nous avons fait l'hypothèse que seules les primitives *simples* (Définition 5, p. 5) peuvent faire l'objet d'un usage efficace et contrôlé. Dans le cas où il est possible de mobiliser des connaissances mathématiques plus élaborées, nous considérons que la déconstruction instrumentale n'est plus de même nature : les actions sont finalisées et validées par un travail sur l'objet géométrique, et il est possible de s'appuyer sur l'usage de primitives géométriques *complexes* de manière efficace et contrôlée. Ces deux modalités sont désignées respectivement par des déconstruction instrumentale de première et de seconde espèce.

Cette distinction s'est avérée précieuse pour envisager des relations entre les différentes approches du dessin, en fournissant une "interface" entre visualisation iconique et déconstruction dimensionnelle.

Le passage de la visualisation iconique à la déconstruction instrumentale de première espèce apparaît ainsi répondre au problème du contrôle visuel de la position des objets, très mauvais dans l'espace. L'usage de primitives géométriques permet de s'affranchir partiellement de ces difficultés, et dans le même temps les schèmes d'action instrumentée dans lesquels ces primitives sont utilisées imposent la prise en compte de relations entre des unités figurales, et le respect d'un ordre de construction dicté par ces relations. La visée demeure celle de la visualisation iconique, mais les moyens mis en œuvre procèdent déjà d'une déconstruction de l'objet considéré.

Le contrôle visuel reste néanmoins fondamental pour prendre en charge certaines propriétés de construction : le tracé d'une parallèle suppose de choisir la position d'un point par lequel elle passera. En outre, ces primitives n'offrent la possibilité de reproduire des invariants du déplacement que de manière très partielle, comme nous avons pu l'observer avec le troisième groupe. Pour s'affranchir du contrôle visuel et reproduire certains invariants, il devient nécessaire de s'appuyer sur l'utilisation de primitives complexes, et d'engager une déconstruction instrumentale de seconde espèce. Ce passage ne nécessite donc plus de faire émerger un processus constructif ordonné, ou des relations entre les unités figurales, mais d'offrir une interprétation de ces relations. Nous avons fait l'hypothèse (pp. 81 et 85) que GII s'offre comme paradigme privilégié pour cette interprétation.

C'est alors une dialectique qui s'engage entre déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle, la première offrant une réalisation matérielle et des procédés constructifs, la seconde apparaissant comme une décontextualisation où la dimension temporelle est absente, où le type de déconstruction est cohérent avec un traitement dans GII, et où il est notam-

ment possible d'interpréter les invariants du déplacement indépendamment des instruments qui les produisent.

Les interactions proposées, où apparaît fortement le rôle central des déconstructions instrumentales, sont résumées sur la figure 2.16.

À la lumière de ces considérations, il apparaît donc impératif d'examiner de nouveau notre questionnement. Les interactions dont nous avons fait l'hypothèse permettent d'envisager une progression, dans un contexte d'enseignement. Nous n'avons pu, dans le premier chapitre, donner que faire l'hypothèse de contraintes sous lesquelles la déconstruction dimensionnelle et GII permettaient de restaurer un équilibre [sujet<>milieu] — c'est-à-dire de résoudre les problèmes de géométrie posés. Ces hypothèses étaient limitées à une visée asymptotique, mais les moyens de cette évolution restaient implicites. Les hypothèses que nous faisons porter sur ces moyens doivent maintenant être précisés.

Signalons que nous passons sous silence une question implicitement soulevée par la distinction des deux déconstructions instrumentales. En effet, celle-ci repose essentiellement sur l'observation séparée, d'une part de la finalité et des modes de validation des actions, et d'autre part de la nature des actions elles-mêmes : le passage à la déconstruction instrumentale de première espèce repose sur l'évolution de la nature des actions, celui vers la seconde espèce concerne une évolution de la finalité et des modes de validation. La prise en compte de cette distinction relève selon nous d'une problématique de modélisation, et appelle essentiellement à des choix méthodologiques. De fait, nous remettons au chapitre suivant cette étude.

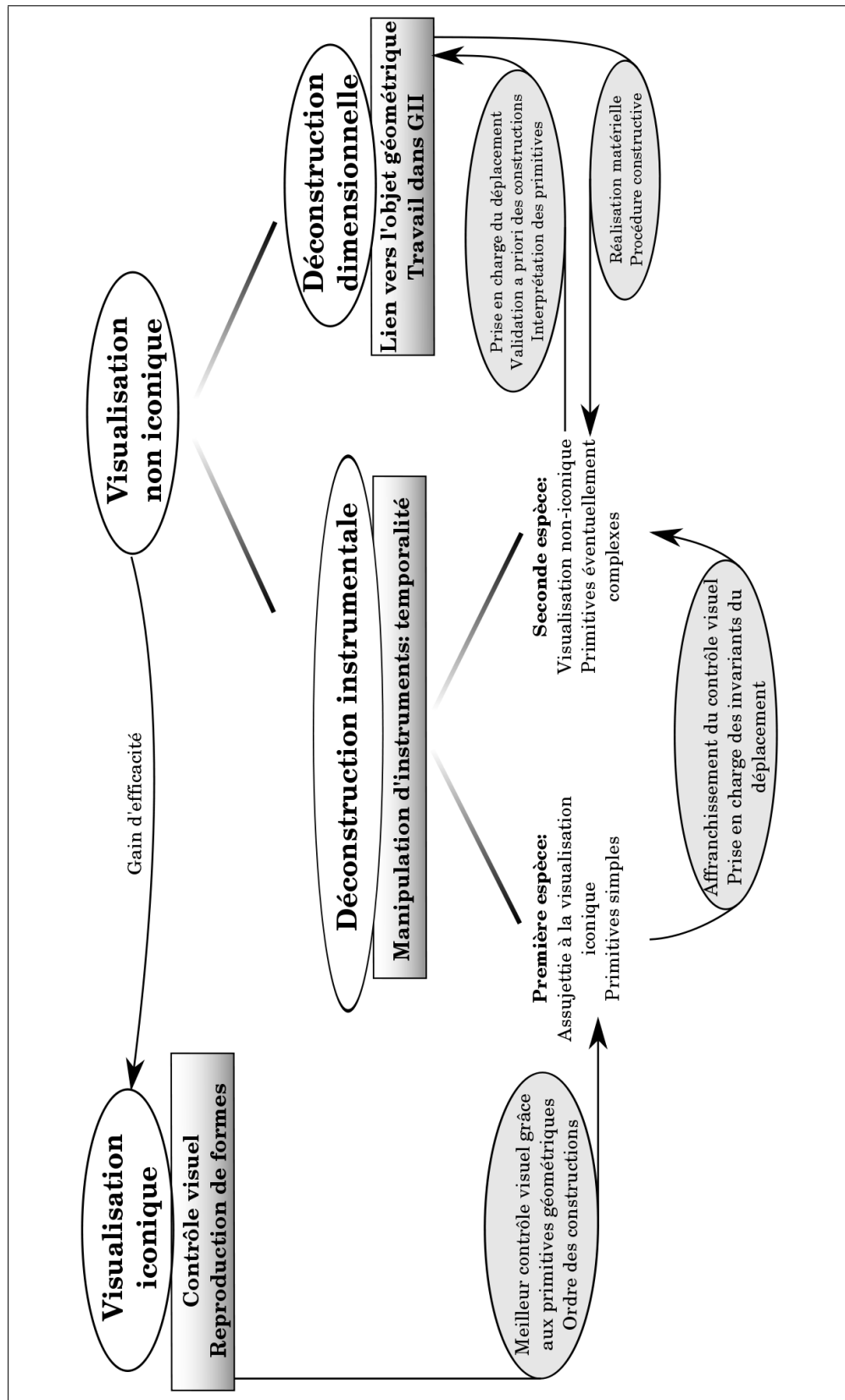


FIGURE 2.16 – Résumé des interactions

2.4.2 Positionnement de notre recherche

Notre questionnement initial concernait le passage d'un travail des élèves centré sur le dessin à un travail portant sur la figure, offrant un statut de critère de validité à la démonstration qui s'en trouvait légitimée. Notre hypothèse de recherche 2 (p. 29), mentionnait déjà "*certaines conditions*" sous lesquelles la visualisation iconique se trouvait déstabilisée, l'hypothèse suivante (3, p. 53) supposait l'existence de *situations favorisant l'émergence de la déconstruction dimensionnelle*. Comme nous l'avons signalé, la portée de ces hypothèses se limitait alors à un éventuel théorème d'existence établissant que, asymptotiquement, l'activité de l'élève tendait nécessairement à s'ancrer dans GII et la déconstruction dimensionnelle.

Deux conditions émergeaient cependant. D'une part, il fallait éviter les augmentations trop brutales de complexité que nous avons identifiées dans le cas de la perspective cavalière : si la visualisation iconique ne devait pas permettre de résoudre les problèmes posés, elle devait nécessairement permettre de proposer des solutions, et de percevoir les rétroactions négatives du milieu. D'autre part, il était possible de s'appuyer sur les particularités de Cabri 3D pour satisfaire à cette première condition et produire des situations dans lesquelles la solution valide devait impérativement s'appuyer sur la déconstruction dimensionnelle et GII. Néanmoins, la progression qu'il s'agissait de susciter n'était pas explicitée, malgré les écarts cognitifs que nous avons mentionnés.

L'approche instrumentale permet de préciser ces conditions implicites, qui sont résumées par la figure 2.16 (p. 96), et qui doivent permettre une émergence de la déconstruction dimensionnelle. L'étude que nous mènerons ultérieurement reposera sur l'hypothèse suivante :

Hypothèse de recherche 5

Un travail s'appuyant sur la déconstruction dimensionnelle et s'ancrant dans un paradigme géométrique de type GII est susceptible d'émerger de situations s'appuyant sur Cabri 3D et respectant les conditions suivantes :

- (i) *La visualisation iconique permet de rechercher des solutions, mais est peu efficace et ne permet pas de résoudre le problème. L'invalidation peut être perçue grâce à la visualisation iconique.*
- (ii) *L'instrumentation des primitives simples de Cabri 3D apporte un fort gain d'efficacité, offre des solutions approchées, mais n'offre pas de solution. Ici encore, l'invalidation peut être perçue grâce à la visualisation iconique.*
- (iii) *Le problème peut être résolu grâce à l'instrumentation de primitives complexes. Celle-ci repose alors sur une dialectique forte entre la déconstruction instrumentale et la déconstruction dimensionnelle.*

Bien entendu, certains points restent en suspens, mais nous les laisserons volontairement hors du champ de notre étude. Il s’agit notamment des trois questions suivantes :

1. *L’évolution se stabilise-t-elle ?*

En d’autres termes, la visualisation non-iconique demeure-t-elle prépondérante dans des situations qui ne sont pas spécifiquement conçues pour susciter un passage vers la déconstruction dimensionnelle ?

2. *Les résultats sont-ils transférables ?*

Peut-on observer un effet de cet “apprentissage de la déconstruction dimensionnelle” hors de Cabri 3D, ou cela demande-t-il un travail spécifique ?

3. *Quel est le rôle des interactions sociales ?*

Il s’agit ici du rôle de l’enseignant, mais aussi des autres élèves, et cette question est parfaitement légitime quand on songe que la déconstruction dimensionnelle est qualifiée de *processus essentiellement discursif* par [Duval \(2005\)](#).

Répondre à ces questions demanderait un travail spécifique, ultérieur à la présente étude, aussi il faudra nous contenter d’esquisser éventuellement des pistes de réponse “naïves” à partir des résultats de notre étude.

En revanche, pour mettre à l’épreuve notre hypothèse de recherche, il nous faut mettre en place une ingénierie didactique susceptible de laisser apparaître les phénomènes que nous avons postulés. Il est donc nécessaire de nous doter d’outils méthodologiques adéquats, afin de modéliser et interpréter nos observations. Cette modélisation doit répondre à certaines exigences.

En premier lieu, elle doit permettre de proposer une interprétation des actions effectuées par un sujet dans Cabri 3D en termes de visualisation iconique, déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle. En effet, il serait illusoire de vouloir observer directement ces processus, et nous devons déterminer des observables tant pour construire notre analyse a priori que pour interpréter nos observations.

Elle doit ensuite donner à voir les coexistences et interactions que nous avons postulées entre les différentes appréhensions. Il ne peut donc être simplement question d’observer qu’une activité met en jeu la visualisation iconique, ou deux déconstruction instrumentale différentes, mais il est aussi nécessaire de caractériser les observations. Comment, et pourquoi, des processus distincts peuvent-ils coexister ? Quel est leur rôle dans le processus de résolution ? L’analyse devra offrir des éléments de réponse à ces questions.

Ces distinctions sont délicates, et nous avons mentionné ([2.4.1](#), p. 95) que nos outils ne nous permettaient pas de séparer les deux modalités de la déconstruction instrumentale. Il est donc nécessaire de se doter d’un outil

méthodologique mettant en lumière les nuances que nous avons soulignées. Nous proposons de nous appuyer sur le modèle cK ζ qui permet des distinctions fines offre un outil d'analyse systématique.

Chapitre 3

Méthodologie

Nous proposons d'établir un outil méthodologique permettant d'embrasser dans le même temps différentes dimensions : visualisations, déconstructions, paradigmes géométriques, fonctions du dessin et genèses instrumentales. Il s'avère que ces regards sur l'activité mathématique, si ils peuvent fonder l'analyse, ne sont pas opératoires pour la mener à bien dans la mesure où ils ne proposent pas d'observables systématiques : tout au plus dispose-t-on d'indices permettant de donner des arguments pour une interprétation. Compte tenu de l'importance des *paradigmes géométriques* dans notre réflexion, il aurait pu sembler naturel de nous appuyer sur le modèle d'*Espace de Travail Géométrique* (ETG) développé simultanément (Houdement et Kuzniak, 2006; Kuzniak, 2009). Cependant ce modèle ne permet pas à lui seul de prendre en considération certains aspects que nous avons soulignés comme essentiels, notamment la distinction des deux déconstruction instrumentale ou les relations entre plusieurs appréhensions du dessin.

Nous présenterons dans ce chapitre un travail sur le modèle $cK\zeta$ destiné à nous doter d'un outil méthodologique adapté tant à nos interrogations théoriques qu'à des exigences méthodologiques.

La distinction forte entre opérateurs et contrôles, qui sera un point névralgique de notre utilisation de $cK\zeta$, permet d'identifier à la fois certaines caractéristiques de l'activité du sujet et les raisons que le poussent à agir. De fait, les visualisations pourront transparaître dans l'action, tandis que le rôle des différents paradigmes influera sur les contrôles employés et leur articulation. Des genèses instrumentales s'illustreront pour leur part dans certaines dynamiques, émergences, constructions, disparitions, réarrangements de combinaisons d'opérateurs et de contrôles.

Nous chercherons enfin à montrer qu'une méthodologie adaptée fait apparaître $cK\zeta$ comme un outil d'analyse systématique articulant un niveau global et un niveau local, dans lequel l'étude des différentes interactions entre visualisations, déconstructions et paradigmes peut s'interpréter et donner

lieu à des observations.

L'étude théorique de $cK\zeta$ visera ainsi à articuler entre eux deux niveaux d'observation. À un niveau "microscopique", il s'agira d'offrir un moyen de caractériser les mécanismes de résolution pour eux-mêmes. À un niveau "macroscopique", il s'agira d'étudier comment nos outils théoriques précédents influent sur les contrôles les plus centraux des résolutions. L'articulation de ces deux niveaux, permise par la cohérence de leurs moyens d'étude, permettra notamment l'étude des interactions résumées par la figure 2.16.

3.1 $cK\zeta$: une mécanique de précision

Le modèle $cK\zeta$ s'appuie à la fois sur la théorie des situations didactiques (TSD) (Brousseau, 1998) et sur la théorie des champs conceptuels (Vergnaud, 1990). La TSD permet notamment de caractériser un état de connaissance du sujet comme un équilibre entre le sujet agissant sur le milieu, et les rétroactions qu'il perçoit de ce milieu. La théorie des champs conceptuels s'attache en outre à caractériser l'état de connaissance au-delà de cette seule condition d'équilibre, et s'appuie pour ce faire sur les invariants opératoires "*dans lesquels il faut rechercher les connaissances-en-actes du sujet*" (Vergnaud, 1990, p. 136). Ces invariants fournissent en particulier des observables permettant de caractériser des états d'équilibre donnés. C'est par exemple le point de vue qu'adopte l'approche instrumentale, que nous avons mentionné précédemment (voir 2.3.1, p. 76). Il en résulte le recours à la notion de *concept*, que Vergnaud définit comme le triplet suivant :

- S** : l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence)
- I** : l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié)
- S** : l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant).

(Vergnaud, 1990, p. 145)

La prise en compte simultanée de ces trois dimensions permet de caractériser, et d'étudier l'évolution de l'état de connaissance du sujet apprenant.

3.1.1 Conception dans le modèle cKc

La notion de conception

Le modèle cKc adopte un point de vue relativement similaire et cherche de même à caractériser, non pas le sujet, mais des états du système [sujet<>milieu] :

Il ne s'agit pas, ici, de savoir « comment le sujet pense », mais de considérer que le système cognitif n'est pas le sujet mais le système [sujet<>milieu], que nous considérerons en tant que tout et non pas comme deux systèmes indépendants.

[...]

La conception est l'état d'équilibre d'un système, et plus précisément l'état d'équilibre d'une boucle action/rétroaction du système [sujet<>milieu] sous des contraintes proscriptives de viabilité.

(Balacheff et Margolinas, 2005, p. 6)

La caractérisation de l'état de connaissance du sujet est donc fondamentalement locale, et attachée à une situation donnée, ce que traduit une modélisation qui s'exprime en termes de *conceptions*, et non plus de concepts. Il en résulte notamment que plusieurs conceptions, relatives à un même objet, peuvent être observées simultanément :

La notion de « conception » retenue par le modèle cKc rend compte de la connaissance instanciée par une situation. Une conception est une facette de la connaissance attribuée à un sujet par l'observateur à partir du comportement pendant le processus de résolution de problème.

[...]

L'élève mobilise, aux yeux de l'observateur, une conception sur un objet dans une situation de résolution de problème, et une autre sur le « même » objet dans une autre situation de résolution de problème. Autrement dit, il est possible que deux conceptions contradictoires relatives à un même objet mathématique coexistent chez un même sujet.

(Miyakawa, 2005, p. 11)

Une caractérisation des conceptions

Si la formalisation emprunte à la théorie des champs conceptuels, elle opère quelques changements de point de vue, notamment par l'adjonction des *contrôles* qui assurent la cohérence des conceptions :

[cK \mathcal{C}] s'en distingue par plusieurs aspects. D'abord dans le choix du vocabulaire de description des éléments de cette définition. Il s'agit de se libérer des contraintes du vocabulaire de la psychologie dont nous ne voulions pas faire un usage approximatif, mais sur lequel il faudra cependant revenir. Ensuite par l'explicitation des structures de contrôle. Ces structures sont implicites dans la formalisation de Vergnaud, elles sont par exemple impliquées de fait par le recours au concept de théorème-en-acte ou celui d'inférence [(Vergnaud, 1990, pp. 141 - 142)] qui n'ont de sens qu'associés à la reconnaissance chez le sujet de procédures permettant de s'assurer de la légitimité et de la correction de la mise en œuvre des conduites correspondantes. C'est, par ailleurs, à ce niveau des structures de contrôle que nous plaçons les connaissances stratégiques (Artigue 1993) et les méta-connaissances (Robert 1993) spécifiques d'une classe de problème mathématiques.

(Balacheff, 1995a, p. 226)

Dans ce modèle, une *conception* est caractérisée quadruplet :

Nous appelons conception C, un quadruplet (P, R, L, Σ) dans lequel :

- P est un ensemble de problèmes sur lequel C est opératoire ;
- R est un ensemble d'opérateurs ;
- L est un système de représentation, il permet d'exprimer les éléments de P et de R ;
- Σ est une structure de contrôle, elle assure la non contradiction de C.

En particulier, un problème p de P est résolu si il existe r de R et s de Σ tel que s(r(p))=vrai.

(Balacheff, 1995a, p. 225)

Nous appelons *problèmes* les perturbations du système. Le domaine de la validité de la conception, ou sphère de pratique, est constitué de l'ensemble des problèmes que la conception permet de résoudre et qui ne conduisent pas à une rupture de l'équilibre du [sujet<>milieu].

Nous appelons *opérateur* ce qui permet la transformation des problèmes ; ces opérateurs sont attestés par des productions et des comportements.

Un *système de représentation* (langagier ou non) permet l'expression des problèmes et des opérateurs.

Enfin, une *structure de contrôle* assure la non contradiction de la conception et contient au moins sous la forme d'oracles les

outils de décision sur la légitimité de l'emploi d'un opérateur ou sur l'état (résolu ou non) d'un problème.

(Balacheff et Margolinas, 2005, p. 6)

Ces outils de décision seront désignés par le terme de “*contrôle*”.

Il résulte notamment de cette caractérisation qu'une conception peut être plus générale qu'une autre — si tout problème relatif à la seconde est intelligible pour la première —, que plusieurs conceptions peuvent attirer aux mêmes problèmes et qu'une conception ne peut être vraie ou fausse que du point de vue d'une autre conception. Nous renvoyons à ce sujet au texte de Balacheff et Margolinas (2005), en particulier les pages 15 à 25. Un concept est alors, de ce point de vue, un ensemble de conceptions (Fig. 3.1)

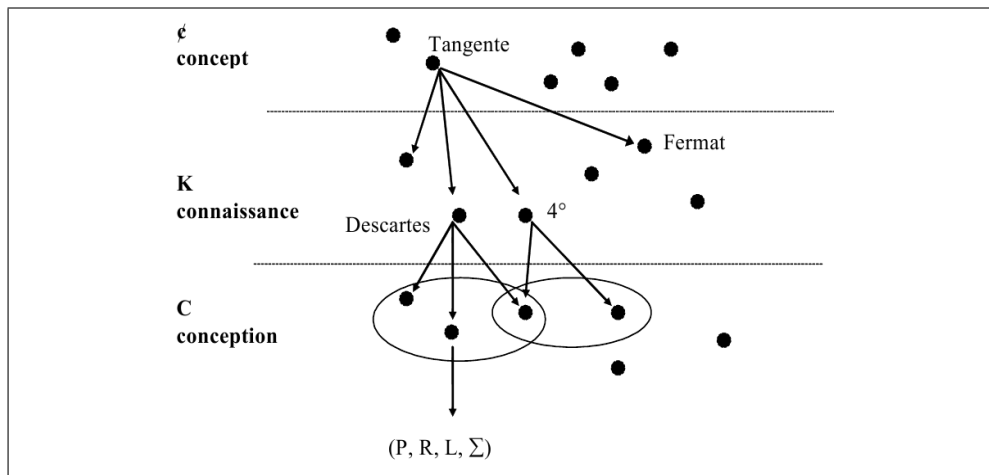


FIGURE 3.1 – Relations entre conception, connaissance et concept (Balacheff et Margolinas, 2005, p. 23)

Quelques conséquences pour notre étude

Nous pourrions caractériser une résolution par un enchaînement d'opérateurs et contrôles, ce qui permet de distinguer :

- les actions effectives et leur contrôle immédiat de bon déroulement
- les contrôles qui déterminent l'interprétation des problèmes et les jugements de validité globale

Les deux déconstruction instrumentale dont nous avons fait l'hypothèse correspondent ainsi à des moyens locaux comparables, mais à des contrôles initiaux et terminaux différents. En outre, les mécanismes d'évolution pourront se traduire par une dynamique des opérateurs et contrôles au cours du temps, que ce modèle nous donnera à observer.

Cependant, avant de procéder à la mise en place d'une méthodologie s'appuyant sur $cK\mathcal{C}$, il semble indispensable de préciser certains points. Il s'agit notamment de procéder à une étude plus approfondie des notions d'*opérateur* et de *contrôle*, dont la définition et la distinction devront être très claires pour la suite de notre étude.

3.1.2 Distinction entre opérateurs et contrôle

Le problème de la perméabilité

Le modèle $cK\mathcal{C}$ propose une distinction explicite entre des opérateurs, qui permettent l'action, et des contrôles qui jugent de la pertinence et de la validité de l'action — une méta-action. Une des difficultés de ce modèle est de caractériser clairement cette distinction, comme le signalent déjà [Balacheff et Margolinas \(2005\)](#) :

Deux difficultés théoriques et méthodologiques accompagnent toute prise en compte des contrôles :

- Les contrôles sont le plus souvent implicites ;
- La distinction entre contrôles et opérateurs n'est pas absolue mais relative à une conception.

(*ibid.*, p. 10)

Le caractère implicite des contrôles posera essentiellement un problème d'observables. En revanche on voit souvent, dans les travaux s'appuyant sur $cK\mathcal{C}$, ressurgir la gêne que suscite cette perméabilité. Il faut bien établir une ligne de démarcation, mais alors celle-ci s'effectue souvent de manière empirique, par nécessité. Cela peut handicaper la compréhension, ou du moins le caractère effectif, de ce modèle : pourquoi faire théoriquement une distinction dont on ne sait pas par quel bout la prendre et qui n'est pas, en pratique, complètement opératoire ?

La perméabilité peut en fait s'interpréter de deux manières.

La première consiste en l'évolution du statut des objets considérés, qu'on pourrait rapprocher de leur existence sous forme d'*outil* ou d'*objet* ([Douady, 1986](#)). La perméabilité reflète alors une multiplicité des points de vue possibles de l'observateur, et nous retiendrons qu'un même objet de connaissance pourra donner lieu à différents opérateurs et contrôles.

La seconde interprétation est une imprécision terminologique ou méthodologique ne permettant pas de séparation claire. Un opérateur r est caractérisé par sa capacité à *transformer un problème* ([Balacheff et Margolinas, 2005](#), p. 6), c'est-à-dire à transformer un problème p_1 en un autre problème $p_2 = r(p_1)$. Un contrôle permet de porter un jugement sur l'action, et est en fait une "action sur l'action". Il peut alors être délicat, par exemple, de dire d'une

règle d'action qu'elle est un opérateur ou un contrôle.

Une redondance peut alors apparaître dans la description de l'action elle-même — une séparation artificielle en un contrôle et un opérateur qui sont équivalents et seront toujours employés conjointement. Pour éviter ceci, il est possible que la classification offre les deux aspects, mais qu'un seul soit généralement retenu et que ce choix relève plus d'une dimension contextuelle que de raisons méthodologiques.

Rôle central de l'action

Nous pouvons cependant interroger cette "imprécision" en comparant deux usages de CKÇ. Pedemonte (2005) met en évidence la pertinence de ce modèle pour l'analyse du raisonnement argumentatif, en l'utilisant conjointement au modèle de Toulmin. Elle montre que le passage de l'argumentation vers la démonstration s'accompagne d'une substitution d'"opérateurs argumentatifs" par des théorèmes qui jouent eux-aussi le rôle d'opérateurs. Miyakawa (2005) utilise lui aussi le modèle de Toulmin pour étudier la structure de l'argumentation, mais la preuve se situe cette fois du côté du *contrôle* (ibid., p. 15), et il s'intéresse à des opérateurs hors du discours argumentatif.

Ce qui distingue ces différents points de vue n'est pas la nature des faits observés, mais bien leur interprétation par les auteurs : la différence entre un théorème envisagé comme opérateur ou comme contrôle réside en fait dans le niveau d'action considéré par le chercheur. Pour une activité de l'élève identique, le point de vue est décalé et ce qui était dans un cas un discours sur l'action devient l'action à proprement parler, ce qui était l'action n'est plus qu'un évènement secondaire qui sert de support au discours.

Balacheff¹ propose une explicitation des notions d'opérateur et de contrôle qui éclaire ce point de vue, de la manière suivante : si P , P_1 et P_2 désignent des prédicats, A une action, alors un contrôle sera de la forme $[P_1 \Rightarrow P_2]$, et un opérateur de la forme $[P \Rightarrow A]$.

L'identification des opérateurs repose ainsi sur la notion d'*action*. En particulier, contrairement à l'acception commune du terme, nous ne pouvons considérer simplement l'action comme produit de l'activité du sujet, auquel cas nous ne pourrions plus distinguer une action matérielle de la production d'un jugement de validité. Il nous est aussi impossible de considérer comme *action* une activité involontaire du sujet : un élève qui prolonge une droite parce que son voisin lui a poussé le coude ajoute bien un tracé à son dessin, mais nous ne pouvons considérer ceci comme le résultat d'un opérateur.

Il nous faudra donc définir ce que nous entendons par "action" à la fois relativement à un système de représentation et à une intentionnalité du sujet.

1. communication personnelle

Définition 6

Nous définirons par **action dans un système de représentation** la transformation intentionnelle d'un objet à l'intérieur de ce système.

Par commodité, nous utiliserons simplement le terme “action” quand la nature du système de représentation considéré sera évidente.

En ce sens seulement, les opérateurs se distinguent par le fait qu'ils sont les seuls à permettre de produire une *action*.

Positionnement de l'observateur

On voit ce que cette acception suppose de l'observateur : identifier des opérateurs, c'est avant tout opérer un choix relatif à la nature des actions observées. Une sorte de “feuilletage” des niveaux d'actions doit être établi, et fixer des opérateurs et des contrôles revient à choisir deux strates représentatives. Prenons un exemple.

Observons la réalisation d'un cercle sur une feuille de papier par un élève de 6^e, qui présente de nombreux aspects. Du point de vue de sa réalisation matérielle, il s'agit de planter la pointe du compas, et de faire tourner la mine (opérateur) jusqu'à repasser sur le trait initial (contrôle), ce dernier critère permettant de juger la bonne construction d'un cercle. Du point de vue de la justification du tracé — à l'enseignant passant dans les rangs, à son binôme... —, il faut peut-être décrire le processus en invoquant que le trait se superpose à lui-même (opérateur), et apporter une justification d'ordre supérieur, comme par exemple un oracle émanant d'un autre apprentissage (contrôle).

S'il avait été question d'observer l'utilisation pratique du compas pour elle-même, l'opérateur aurait pu être “manipuler le compas de manière à ce que son écartement ne varie pas”, et le contrôle “si je peux, au bout du compte, repasser sur le trait initial, alors l'écartement n'a pas changé” : l'observable est invariant, mais pourtant les contrôles identifiés par l'observateur sont différents.

Le *contrôle* se définit donc en référence à un niveau d'action, et permet une “action sur l'action”, c'est-à-dire qu'il se situe au niveau immédiatement supérieur.

Ce travail de définition de l'action est présent dans les travaux s'appuyant sur $c\mathcal{K}\mathcal{C}$, mais est généralement défini implicitement par le couple (P, L) retenu. Cela est d'autant moins explicite quand le travail ne porte pas principalement sur ce couple, et que lui-même est peu détaillé.

Même si la recherche menée ne s'intéresse que de manière secondaire aux systèmes de représentation — c'est notre cas, ceux-ci étant peu nombreux — ou aux problèmes considérés par les élèves, il est donc essentiel de bien

les expliciter pour clarifier les actions observées.

Introduire cette notion d'action n'apporte ainsi pas de modification notable du modèle. Cependant, elle permet de rendre plus intelligibles et robustes les distinctions entre contrôles et opérateurs, et met en évidence le rôle central du couple (P, L) pour leur définition.

Relecture de la perméabilité

Cette précision apportée, proposons une relecture de la difficulté soulevée par [Balacheff et Margolinas \(2005\)](#). L'exemple de la figure 3.2 est considéré par les auteurs comme représentatif de la difficulté que soulève la distinction entre contrôle et opérateur. En effet, on pourrait considérer que R_{65} et Σ_{125} sont deux manifestations d'un même énoncé, pouvant être rapprochées d'une dualité outil-objet ([Douady, 1986](#)). Il devient délicat de distinguer ce qui fait de l'énoncé un opérateur ou un contrôle, mais aussi ce qui sépare la manifestation de l'opérateur de celle du contrôle.

De notre point de vue, il existe éventuellement un énoncé de référence dont découlent l'opérateur et le contrôle, qui sont pourtant irréductibles l'un à l'autre. R_{65} permet d'agir sur le dessin, mais la validité de cette conclusion ne dépasse pas l'aspect *opératoire*, et on pourrait parfaitement imaginer que l'opérateur est contrôlé par l'habitude. Réciproquement, si Σ_{125} assure une certaine validité il ne permet pas directement d'agir sur le dessin. Ce qui permet de distinguer ces deux objets n'est donc pas arbitraire, il s'agit du niveau auquel est fixée l'action observée.

La pertinence de la distinction réside d'ailleurs dans le fait que R_{65} et Σ_{125} ne sont pas indissolublement liés. Ils peuvent être observés l'un sans l'autre, et leur association est signifiante : le contrôle est géométrique *et de plus* l'élève est capable de matérialiser ceci dans un certain système de représentation — c'est-à-dire s'appuyer sur une certaine procédure cohérente avec le problème posé.

Finalement, la perméabilité entre opérateur et contrôle s'avère moins problématique que nous aurions pu le craindre. Elle existe essentiellement si on considère qu'un énoncé ne devrait donner lieu qu'à l'un des deux. En revanche, si l'on s'autorise à ce qu'il engendre des opérateurs **et** des contrôles — ce qui rend compte de formes outil ou objet —, la seule difficulté est de bien les articuler. Il faut donc observer le degré de cohérence — qui peut résulter des connaissances mathématiques ou instrumentales, de la visualisation... — entre les différents niveaux d'observation, c'est-à-dire entre prédicats et actions.

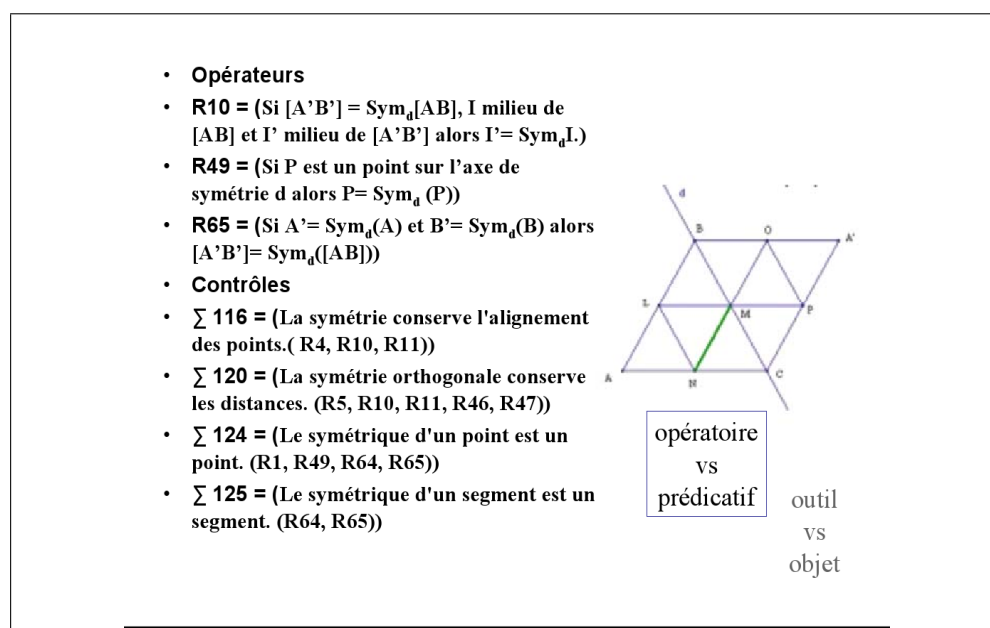


FIGURE 3.2 – Opérateurs et contrôles (Balacheff et Margolinas, 2005, Fig. 8)

3.1.3 Opérateurs, contrôles et conceptions dans notre étude

La définition de ce que l'observateur considère comme une *action* est donc centrale dans l'utilisation de ce modèle. Afin d'éclairer la finalité des paragraphes suivants, il nous faut en premier lieu définir ce que nous entendons par "action".

Cette étude est étroitement attachée à l'environnement Cabri3D, qui contextualise toutes les situations que nous proposerons. De fait, il s'agit du seul système de représentation que nous considérerons pour lui même. Les autres — notamment les productions écrites et les échanges verbaux — permettront uniquement d'offrir des observables, par exemple concernant les contrôles employés. L est donc limité à l'interface de Cabri 3D sur l'écran de l'ordinateur, et les actions seront les transformations des objets de Cabri 3D visées par le sujet.

Il ne s'agit pas nécessairement des actions effectivement réalisées, mais des actions envisagées par le sujet. Par exemple, "construire un carré en sélectionnant l'outil carré et un segment qui en serait une arête" n'est pas possible dans Cabri 3D, mais peut être considéré comme un opérateur à part entière, parfois employé — mais se soldant par un échec — dans les productions d'élèves.

En outre, notre intérêt ne portera que sur la résolution des problèmes soumis aux élèves. Ainsi, quand bien même la production d'un dessin par un élève

peut être intentionnelle — par désœuvrement, pour amuser le voisin... —, nous omettrons de considérer cette production comme une action pertinente dans le cadre de notre étude.

Nous adopterons donc le point de vue suivant :

Définition 7

*Dans le cadre de cette étude, une **action** désignera une réalisation permettant de transformer des représentations visibles à l'interface de l'environnement Cabri 3D, s'inscrivant intentionnellement dans une tentative de résolution du problème posé.*

De fait, les contrôles concerneront toutes les considérations portant sur la gestion des actions à l'interface de Cabri 3D.

Enfin, il faut mentionner que nous ne nous intéresserons pas nécessairement aux *conceptions* des élèves. En effet, nous considérerons qu'il est légitime de parler de conception quand il est possible d'identifier un quadruplet (P, R, L, Σ) structuré et stabilisé². Nous étudierons généralement des phases d'instabilité, et ainsi il n'est pas pertinent pour notre étude chercher à caractériser les conceptions en jeu.

Nous pourrions en revanche faire appel aux conceptions pour décrire des états prototypique et idéaux des sujets afin de mieux situer nos observations et nos analyses.

3.2 Contrôles

Nous avons, depuis le début de ce chapitre, parlé de “contrôles” et de “structures de contrôle”, et il nous faut revenir sur ces deux termes.

Un *contrôle* permet de juger la validité des actions du sujet ou la terminaison d'un processus relativement à un problème posé. Nous réservons le terme *structure de contrôle* pour un jugement portant sur l'articulation d'opérateurs et de contrôles. Une structure de contrôle permettra elle aussi des anticipations, l'élaboration d'une stratégie, ou un jugement sur la validité d'un enchaînement, et décrit essentiellement des relations entre différents contrôles.

De fait nous étudierons essentiellement les contrôles susceptibles d'intervenir dans l'activité des élèves, que nos considérations théoriques nous permettent d'anticiper, mais les structures de contrôles resteront pour leur part hors du champ de notre étude, au même titre que les conceptions.

2. Balacheff et Margolinas (2005) associent la notion de conception à un état de stabilité du système [sujet<>milieu]

3.2.1 Fonctions des contrôles

Contrôle antérieur et postérieur à la résolution

(Vadcard, 2000, p. 13) attribue deux fonctions principales aux contrôles, auxquelles nous nous attacherons ici :

- une fonction de sélection, permettant de déterminer avant toute action un mode de résolution jugé valide
- un jugement a posteriori portant sur la la terminaison des processus, sur leur validité ainsi que celle des conclusions.

Cette fonction de sélection, ainsi que les modalités de distinction entre opérateurs et contrôles, nous conduisent à reconsidérer le point de vue selon lequel seul les opérateurs sont susceptibles d’agir pour transformer un problème p en un problème p' . Les opérateurs ne pouvant être utilisés de manière autonome, nous considérons que les contrôles permettent de transformer un problème — par exemple tel que l’élève l’aurait interprété — en un nouveau problème résoluble par l’emploi successif de plusieurs opérateurs³. Par exemple, “Si je peux mesurer une distance nulle séparant deux droites, elles se croisent” transforme le problème “Déterminer si les droites observées se coupent” et un nouveau problème “Déterminer la distance entre les deux droites”.

Pour autant, les contrôles ne pourront pas intervenir pour achever une résolution. Ils transforment éventuellement le rapport aux objets, mais ne transforment pas les objets dans les systèmes de représentation concernés.

En revanche, contrairement aux opérateurs, les contrôles permettent d’embrasser un processus de résolution dans sa globalité, tant du point de vue de son élaboration que de sa validité, et sont ainsi très liés au problème traité par le sujet. En ce sens, nous serons parfois conduits à leur attribuer un caractère plus spécifique de la situation — ou, du point de vue de l’élève, du problème traité — dans laquelle elles apparaissent.

Contrôle au cours de la résolution

Miyakawa (2005) propose une troisième fonction possible des contrôles, celle d’assurer la validité d’un opérateur : pourquoi l’emploi de l’opérateur est-il légitime et efficient dans un contexte donné ?

Notre définition des opérateurs nous permet de nous affranchir de cette fonction, qui est portée par le prédicat. Si un opérateur est de la forme $[P \Rightarrow A]$, l’association du prédicat à l’action est garante de la validité de l’opérateur considéré pour lui-même, tandis que sa pertinence dans un processus de

3. signalons que les systèmes de représentation permettent l’expression des problèmes, mais qu’en revanche un problème ne peut être réduit à sa seule expression dans un système de représentation. C’est en ce sens que le problème peut être transformé sans que cela produise de manifestation tangible.

résolution sera assurée par la fonction de sélection ou par le jugement a posteriori.

3.2.2 Un problème méthodologique : la temporalité

Nous souhaitons étudier des dynamiques d'évolution, et en particulier les modalités d'interaction entre des modes de fonctionnement⁴ relevant de la visualisation iconique, visualisation non-iconique, ou s'appuyant sur différents paradigmes. Pour ce faire, il est nécessaire de prendre en considération la temporalité de leur utilisation, ce qui nous renseigne non-seulement sur leurs fonctions respectives, mais de manière plus détaillée sur les conditions de déclenchement de différents types de contrôles. Prenons un exemple.

Exemple 1

Pour répondre au problème de la construction d'un cube dont O soit le centre et A un sommet, on envisage la procédure de construction suivante :

- Le cube est identifié par sa forme, ce qui permet de décider qu'il faudra construire des segments formant les arêtes et ajuster leur position a posteriori pour que la forme soit correcte*
- Le carré de base est construit par ajustement*
- Pour construire le carré opposé, l'ajustement étant délicat, c'est une symétrie par rapport à O qui est utilisée*
- La position des sommets de la base est ajustée pour former un cube, et la validation s'opère par identité de forme*

Dans ce cas, la fonction de sélection et de validation pour répondre au problème initial sont assurées par des contrôles "iconiques". En revanche, le sous-problème "construire la face opposée" est résolu par l'utilisation de contrôles "non-iconiques" — prenant en charge la symétrie — pour la sélection d'un opérateur de symétrie.

Ce sont alors les conditions de déclenchement de ces contrôles qui diffèrent : les contrôles "iconiques" permettent d'embrasser le problème dans son ensemble, tandis que les seconds n'interviennent que pour des problèmes très circonscrits.

La temporalité de l'usage des contrôles nous renseignera ainsi sur les conditions d'usage des différents types de contrôle : ainsi une résolution conçue à l'aide de la déconstruction instrumentale, s'appuyant sur un fort contrôle visuel (par exemple pour une construction), et où la déconstruction dimensionnelle n'intervient qu'une fois le processus de résolution achevé pour assurer sa validité dans GII, n'aura pas le même sens qu'une résolution jugée a priori valide dans GII et n'appelant pas de validation supplémentaire ultérieure.

4. qu'il serait en réalité possible d'interpréter en termes de conceptions

De la même manière, l'association d'une propriété dynamique à une propriété géométrique ou une transformation peut permettre, utilisée a priori, de guider une étude, et a posteriori de valider une construction. De fait, nous mentionnerons pour ces contrôles le moment de l'action où ils peuvent être pertinents, ce que nous coderons par :

- t_1 si le contrôle peut s'exercer avant toute action
- t_2 si le contrôle permet de contrôler le bon déroulement de l'action
- t_3 si le contrôle peut s'exercer après l'action

3.2.3 Caractérisation

Un contrôle consistera à associer à un prédicat P un prédicat Q, qui en sera la conséquence logique.

La formulation ne limite pas les contrôles à un jugement de validité a posteriori, mais rend aussi compte des choix a priori portant sur le mode de résolution. Par exemple, le problème de géométrie plane “*construire un carré*” peut être résolu en s'appuyant sur le contrôle $P \Rightarrow Q$, avec P := “la forme de l'objet est un carré” et Q := “l'objet appartient à la catégorie des carrés”. Ce contrôle permet à la fois l'élaboration de la procédure et sa validation a posteriori.

Recherche de contrôles

Nous avons mentionné (3.1.2, p. 108) que notre choix de niveau d'action suppose de limiter l'observation à deux strates d'un feuilletage. Les considérations théoriques portant sur les visualisations, déconstructions, paradigmes, portent sur un niveau de justification supérieur, et ne peuvent s'exprimer directement comme des contrôles. Un contrôle sera par exemple issu d'un élément d'une théorie de type GII, ou sera cohérent avec la visualisation non-iconique. Nous ne pourrions donc observer directement ces caractéristiques de l'activité du sujet, nous ne pourrions qu'identifier des contrôles s'y référant. C'est ensuite par inférence, et en particulier à l'aide de l'analyse a priori, qu'il sera possible d'attribuer une signification à ces contrôles en termes de visualisations ou de paradigmes géométriques.

Les sources cognitives de la certitude

La catégorisation des *sources cognitives de la certitude* opérée par Duval (2005) permet de distinguer les enjeux de quatre types principaux de contrôles pertinents pour le travail sur les représentations d'objets géométriques, et nous proposons d'y rechercher a priori les contrôles que le sujet peut mobiliser : *superposition, comparaison des valeurs numériques* — qui sont toutes deux attachées à la visualisation iconique —, *nécessité interne à l'enchaînement des opérations, invariance de la déconstruction dimensionnelle*

— qui relèvent de la visualisation non-iconique. La cohérence des opérations de déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle avec cette classification nous permettra en outre de faire intervenir ces opérations — qui ne sont pas des actions au sens où nous l’entendons, puisqu’elles ne s’effectuent pas dans Cabri 3D — dans les contrôles.

La généralité de ces sources de validité nous conduira en outre à porter une attention particulière aux caractéristiques du milieu, et en premier lieu au rôle du déplacement dans la validation, qu’apporte la géométrie dynamique. Nous avons formulé l’hypothèse que la visualisation iconique, qui s’attache aux formes et aux mesures, n’est pas en mesure d’interpréter les propriétés dynamiques et ne fait intervenir le déplacement que pour ajuster la position d’unités figurales, au service d’un contrôle perceptif de la forme. Il nous faudra rechercher dans les instruments du déplacement identifiés par Restrepo (2008) et Hatterman (2010, 2009) des contrôles relatifs à la construction des objets — par exemple l’identification de liens “mécaniques” entre unités figurales — ou à leur déconstruction dimensionnelle.

La prise en compte des situations elles-mêmes donnera lieu à des contrôles qui leur seront spécifiques, et que nous détaillerons dans les analyses a priori.

	BOTANISTE	ARPENTEUR- géomètre	CONSTRUCTEUR	INVENTEUR- bricoleur
STATUT ÉPISTEMO- LOGIQUE	CONSTAT perceptif immédiat : “ça se voit sur...”	CONSTAT résultant de la lecture d’un instrument de mesure	RESULTAT <i>d’une procédure de construction</i>	RESULTAT <i>d’une décomposition de la figure de départ en unités figurales que l’on reconfigure autrement</i>
SOURCE COGNITIVE DE LA CERTITUDE	Superposition effectuée à l’œil ou en utilisant un gabarit	Comparaison des valeurs numériques qui ont été obtenues empiriquement	Nécessité interne à l’enchaînement des opérations de la procédure de construction.	Invariance des unités figurales qui sont les référents de la transformation de la figure de départ

FIGURE 3.3 – Mode de compréhension et de connaissance lié à chaque manière de voir (Duval, 2005, p. 12)

3.2.4 Les différentes familles de contrôles envisagées dans cette étude

Les contrôles identifiés sont détaillés dans l’annexe B.2 (p. 20), désignés par la notation σ_k . Les indications portant sur la temporalité de leur usage seront explicités dans la colonne de droite.

Superposition

Les contrôles relevant de la superposition correspondent à l’approche “botaniste” : il s’agit de contrôler visuellement, par l’identification d’une forme connue, qu’un objet possède certaines propriétés. Ces propriétés sont exclusivement matérielles, aussi ces contrôles ne prennent de sens que dans GI. Ils reposent en majeure partie sur la fiabilité des impressions visuelles relativement à deux exigences : contrôler la position matérielle des objets dans l’espace, malgré l’interface bidimensionnelle, et assurer l’identification de propriétés.

Le contrôle de la position dans l’espace concerne en premier lieu celle du pointeur de la souris, dans l’espace à trois dimension ou dans un sous-espace (σ_{1-3}).

Il s’agit ensuite d’assurer les propriétés des objets perçus, soit par identité de forme (σ_4), soit par reconnaissance directe des propriétés (σ_{5-7}) ou par reconnaissance d’une configuration contenant l’unité figurale et assurant ses propriétés (σ_{8-10}).

Comparaison des valeurs numériques

Les contrôles s’appuyant sur des valeurs numériques sont essentiellement la vérification d’identités de longueur, avec un modèle ou avec une configuration de référence — par exemple la mesure de l’orthogonalité. Il s’agira de contrôles offrant des réponses positives — *deux droites dont l’angle fait 90° sont orthogonales* —, et nous excluons les contrôles fonctionnant en obstruction, c’est-à-dire affirmant que des mesures sont incompatibles avec des propriétés. En effet, ces contrôles ne permettant qu’une réponse négative supposent un travail conjoint sur le dessin et la figure, et relèveront donc de la visualisation non-iconique.

Nécessité interne à l’enchaînement des opérations de construction

Il faut prendre en compte pour ces contrôles les caractéristiques de l’environnement et la déconstruction instrumentale.

Ainsi les premiers contrôles que nous identifions s’appuient sur l’étude des rétroactions fournies par l’usage des outils de Cabri3D : messages contextuels, possibilité ou impossibilité de construction effective (σ_{15-20}). Il s’agit essentiellement de contrôles portant sur l’utilisation directe des outils de construction, mais qui ne supposent pas nécessairement une élaboration préalable forte.

En revanche, les contrôles s’appuyant sur la déconstruction instrumentale à proprement parler (σ_{22-24}) supposent une élaboration antérieure à l’action, soit par la connaissances de procédures-types (donc éventuellement au service de la visualisation iconique), soit par un travail sur la figure.

Invariance des unités figurales après déconstruction dimensionnelle et reconfiguration

Ce critère de validité doit s'entendre de la manière suivante : deux figures sont identiques si et seulement si il est possible d'exhiber une déconstruction dimensionnelle de chacune d'entre elles, et que ces déconstruction dimensionnelle soient congruentes. En d'autres termes, il est possible d'opérer une déconstruction dimensionnelle de la première figure, de la reconfigurer — par un travail s'inscrivant dans GII, par exemple — en une déconstruction dimensionnelle congruente, et que cette dernière soit une déconstruction dimensionnelle de la seconde figure.

Peu de cas sont à considérer d'un point de vue générique, dans la mesure où ces contrôles sont essentiellement attachés aux figures qui sont enjeux des différentes situations. Les trois contrôles “génériques” seront :

- un critère permettant de juger, par la déconstruction dimensionnelle, de l'identité de deux objets (σ_{30})
- un critère permettant de juger de l'intérêt de l'ajout d'une unité figurale à une figure (σ_{29}) : si un tracé ne modifie en rien la déconstruction dimensionnelle d'un objet, il est inutile
- un critère d'hérédité (σ_{31}) : un résultat obtenu dans le plan reste valable dans l'espace à trois dimensions

3.3 Opérateurs

La définition des opérateurs de [Balacheff et Margolinas \(2005\)](#) proposait d'envisager un opérateur comme “*ce qui permet la transformation des problèmes ; ces opérateurs sont attestés par des productions et des comportements.*” Nous avons mentionné que les contrôles transforment aussi les problèmes, et ainsi la première partie de cette définition des opérateurs ne permet plus de les caractériser. En revanche, nous pouvons en conserver la seconde partie : les opérateurs permettent au sujet de réaliser des actions, au sens que nous avons défini ([6](#), p. [108](#)).

Il ne faudrait pas pour autant considérer l'opérateur comme la simple traduction d'une proposition en une action — pour tracer le milieu, je dois [faire une action conduisant à ce tracer] —, mais il faut d'envisager l'action comme la *conséquence* d'une proposition.

3.3.1 Caractérisation

En somme, il nous faudra demander à un opérateur de comporter les deux caractéristiques suivantes :

- une finalité immédiate : à quoi sert l'opérateur ? (le prédicat P)
- une modalité d'action : en quoi consiste l'opérateur ? (l'action A)

De fait, l'opérateur est envisagé d'un point de vue local : il s'agit de réaliser directement une action dont le résultat est immédiat. Pour cette raison, contrairement aux contrôles dont nous avons mentionné qu'ils pouvaient être fortement attachés à un contexte, les opérateurs que nous envisagerons ne seront pas spécifiques d'une situation donnée.

Il faut noter que l'association du prédicat à l'action contient implicitement un moyen de contrôle effectif, tandis que sa légitimité pour résoudre un problème sera assurée par un contrôle permettant sa sélection. Ainsi, placer un point perceptivement à une position de l'espace suppose que la vision puisse rendre compte de la position du point, mais l'emploi contextuel de cet opérateur sera soumis à un contrôle qui modifiera radicalement le sens de cet emploi. Par exemple, il peut s'agir de l'observation d'une forme — contrôle "iconique" — ou de l'assurance que la position du point peut être quelconque — éventuellement non-iconique.

3.3.2 Opérateurs dans cette étude

Les actions que nous considérons résultent de l'utilisation des primitives fournies par l'environnement : identifier des opérateurs relatifs à un outil revient à identifier les différentes actions auxquelles il peut donner lieu. Soulignons qu'il ne s'agit pas des *instrumentations* possibles de cet outil envisagé comme un artefact. En effet, un instrument intègre bien entendu des opérateurs dans lequel intervient l'artefact, mais aussi un ou des contrôles permettant de juger de la validité et des modalités de son utilisation. Tout au plus peut-il s'agir de schèmes d'usage, mais les *actions premières* et donc les schèmes d'action instrumentée ne peuvent en général être décrites par des opérateurs.

Possibilités offertes par l'environnement

La majeure partie des opérateurs que nous proposerons de considérer ici provient de l'analyse des possibilités offertes par l'environnement, compte tenu des connaissances mathématiques d'un élève de seconde. La typologie de l'annexe B.1 est donc construite à partir des outils de Cabri 3D, regroupés de cette manière :

- Manipulation
- Points
- unités figurales 1D/3D
- unités figurales 2D/3D
- Construction géométrique à partir d'autres unités figurales
- Transformations
- Polygones réguliers
- Polyèdres

- Polyèdres réguliers
- Mesures

Il faut ajouter à ces outils des possibilités essentiellement liées à la visualisation — changement de point de vue, couleur des objets... — dont l'importance est essentielle. Nous avons choisi de ne pas prendre en compte certains outils, qui ne correspondent pas aux connaissances d'un élève de seconde ou trop complexes pour pouvoir être utilisés de manière spontanée par les élèves : Redéfinition, Conique, Courbe d'intersection, Cylindre, Cône, Demi-plan, Secteur, Plan bissecteur, Somme de vecteurs, Produit vectoriel, Homotétie et Inversion, Découpe de polyèdre, Produit scalaire et Calculatrice.

Étude des opérateurs

Pour chaque outil de Cabri 3D, il faudra alors envisager plusieurs opérateurs, selon des critères relatifs aux modalités d'utilisation de l'outil.

Quand la position du pointeur de la souris influera sur les actions (création directe de point, déplacement...), il faudra envisager l'espace dans lequel il peut se déplacer — l'espace entier, un sous espace d'une ou deux dimensions — et l'objet qui est déplacé.

La construction directe d'objets offre pour sa part le plus grand nombre de possibilités, en particulier concernant la finalité et les modalités de cette création :

- s'agit-il de construire un objet quelconque ?
- s'agit-il de construire un objet à une position déterminée de l'espace ? Si tel est le cas, le déplacement du pointeur de la souris est-il libre ou contraint ?
- la création de l'objet s'appuie-t-elle sur d'autres unités figurales, comme par exemple pour une intersection ou le support d'un segment ?
- l'outil utilisé permet-il de créer une unité figurale qui en soit une partie ? Ce sera par exemple le cas de l'outil "triangle" servant à créer un point.

Concernant les constructions "géométriques" en références à d'autres unités figurales, il faudra distinguer deux types de construction : celles s'appuyant sur des primitives géométriques — perpendiculaire, parallèle... — et celles qui reproduisent une forme cohérente à l'aide de primitives de dessin pur. Ces critères nous permettent de définir une liste d'opérateurs susceptibles d'être employés dans l'utilisation de Cabri 3D, reproduite en annexe B.1 et référencés sous la forme r_k .

En règle générale, il est impossible de considérer qu'un opérateur relève à lui seul d'un type de visualisation ou de paradigme.

Par exemple, l'opérateur r_{69} , permettant de mesurer la distance séparant deux objets, n'est pas susceptible d'une telle interprétation : son association

avec un contrôle assurant que “deux droites dont la distance affichée est nulle se coupent” s’interprétera comme relevant de la visualisation iconique, en revanche avec le contrôle “deux droites dont la distance affichée est non-nulle ne se coupent pas” est parfaitement valide du point de vue de GII! Pour toute interprétation, il nous faudra donc en général examiner des associations d’opérateurs et de contrôles.

L’exception à cette règle concerne les opérateurs dont nous pouvons considérer qu’ils supposent implicitement l’emploi d’un contrôle particulier.

La fonction de certains opérateurs est de construire un objet, à une position donnée de l’espace — et non pas à une position quelconque. Cela suppose implicitement que la perception visuelle permet de contrôler la position de l’objet créé dans l’espace, et que contrôler cette position permet de contrôler les propriétés de l’objet construit. Le contrôle de la position de l’objet dans l’espace relève d’une problématique propre à la gestion de la représentation, en revanche le contrôle des propriétés par la reproduction d’une forme relève pour sa part de la visualisation iconique. En ce sens ces opérateurs, repérés par la mention **VI** dans le tableau **B.1**, indiquent que l’activité de l’élève s’inscrit dans GI et la visualisation iconique.

Les opérateurs **5** (déplacer un point image en agissant sur l’antécédent) et **58** (définir implicitement l’angle d’une rotation) sont pour leur part très spécifiques, pour le premier à la géométrie dynamique, et pour le second à Cabri 3D. Le premier conduit à envisager des relations de dépendance entre les objets, lorsque cette manipulation est intentionnelle. Le second n’a pas de sens dans un environnement “papier-crayon”, ni même dans d’autres environnements de géométrie dynamique. Nous serons donc en mesure d’interpréter l’utilisation de ces opérateurs relevant d’une déconstruction instrumentale permettant de faire interagir différentes unités figurales, et en ce sens relevant de la visualisation non-iconique.

3.4 Problèmes et systèmes de représentation

3.4.1 Systèmes de représentation

Nous nous attarderons peu sur les systèmes de représentation dans lesquels sont effectuées les actions. Dans le cas où ceux-ci seraient multiples, il pourrait être intéressant de s’interroger sur les conséquences de leur usage dans l’activité du sujet, et par exemple sur leur impact du point de vue de l’utilisation d’opérateurs et de contrôles dans l’un ou l’autre des systèmes. Dans l’étude que nous proposons, cela s’avère beaucoup moins pertinent puisque le seul système de représentation dans lequel nous observerons des actions est l’interface de Cabri 3D à l’écran de l’ordinateur.

3.4.2 Interprétations des problèmes

La définition des problèmes est pour sa part délicate, dans la mesure où il est difficile d'en obtenir des observables. Il ne s'agit pas des problèmes au sens de l'énoncé proposé aux élèves, mais bien de l'interprétation par le sujet du problème posé. Ainsi, d'un même problème (par exemple "Construire deux droites perpendiculaires"), deux élèves peuvent tirer deux interprétations différentes ("Construire une droite horizontale coupant une droite verticale" ou "Construire une droite, puis à l'aide du compas la médiatrice d'un segment quelconque de la droite").

Il est rare que cette interprétation soit explicitée par le sujet, aussi il sera nécessaire de la rechercher dans les processus de résolution.

Plus particulièrement, nous verrons par la suite qu'elles jouent un rôle essentiel dans la construction de notre analyse a priori, et dans l'analyse des observations. De manière schématique, nos considérations sur les visualisations, déconstructions et paradigmes nous permettront d'identifier a priori des interprétations — ou des classes de interprétations — cohérentes avec l'énoncé, de construire une analyse a priori puis, en la confrontant aux observations, d'obtenir des informations sur les problèmes traités et une analyse a posteriori en termes de visualisation et paradigmes. (Fig. 3.4)

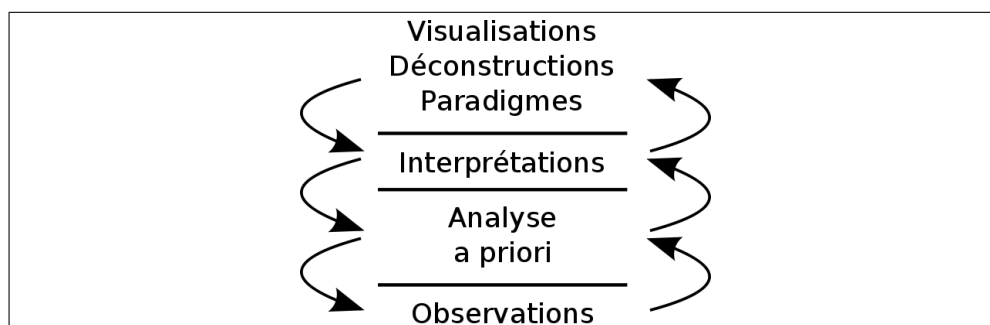


FIGURE 3.4 – Interprétations du problème envisagées par le chercheur dans l'observation.

3.5 Méthodologie d'analyse a priori

Avant même la mise en place d'une ingénierie à proprement parler, il est indispensable de nous accorder sur les modalités des analyses, a priori et a posteriori, qu'il faudra mener par la suite. Nous avons vu que de nombreuses dimensions doivent être prise en compte, et qu'elles ne sont pas nécessairement accessibles directement — c'est par exemple le cas des paradigmes géométriques. De plus, les typologies que nous avons établies sont bien trop nettes pour offrir une grille d'analyse fine et pertinente. C'est le point de vue qu'adopte déjà [Kuzniak \(2009\)](#) à propos des paradigmes, en proposant de

les articuler entre eux, et nous avons pu voir à propos de la déconstruction instrumentale que la frontière entre visualisation iconique et non-iconique est loin d'être aussi nette que le donnerait à penser la distinction des fonctionnements cognitifs sous-jacents.

cK ζ offre un cadre permettant à la fois une analyse fine et systématique, et une articulation des différentes approches qu'il faut concilier. À cet effet, notre méthodologie s'analyse s'appuiera donc très fortement sur les opérateurs et contrôles que nous avons identifiés.

3.5.1 Quelques préalables

Deux niveaux d'analyse a priori

Avant d'établir une méthodologie d'analyse a priori, rappelons schématiquement l'objectif de notre ingénierie, et les points que celle-ci doit nous donner à voir.

Les hypothèses que nous avons faites nous conduisent à considérer un sujet dont l'“état initial” est le suivant : il s'appuie sur la visualisation iconique, les déconstructions ne sont pas mobilisables, et son référentiel théorique est fortement ancré dans GI, même si GII peut apparaître localement. L'“état final” de ce sujet serait l'exact symétrique : la visualisation non-iconique s'appuie sur les deux déconstructions et GII détermine l'essentiel du cadre théorique permettant la résolution, même si GI peut apparaître localement. Bien entendu, il ne s'agit que des extrémités du spectre observables, et un sujet peut parfaitement n'être jamais dans aucun de ces états.

Entre ces deux extrémités, il faut envisager un processus continu réalisé sous les contraintes des situations proposées. Ce processus n'est pourtant pas unidimensionnel : les évolutions s'effectuent à la fois du point de vue de la validation, en étroite lien avec l'interprétation de la consigne — et donc avec le problème tel que le sujet s'en saisit —, et du point de vue de la résolution. En d'autres termes, l'évolution peut concerner les opérateurs mis en œuvre, ou les contrôles, et nous ne disposons pas a priori de raison pour émettre une hypothèse privilégiant un ordre ou l'autre.

Rendre compte de cette évolution suppose ainsi de pouvoir caractériser les transformations du travail de l'élève, notamment via l'émergence de nouveaux opérateurs ou de nouveaux contrôles. Il est donc nécessaire que ces derniers soient finement caractérisés, mais alors le niveau “microscopique” de cette analyse est très contraignant, et permet difficilement d'analyser des phénomènes macroscopiques — tel que l'évolution des problèmes traités par les élèves au cours d'une séance de deux heures.

Il faut ainsi articuler dans l'analyse a priori deux niveaux : un premier niveau, macroscopique et un second, microscopique. Cela nous conduira à

considérer deux objets, *stratégie* et *procédure*, auxquels il faudra ajouter l'observation a posteriori de *processus*.

3.5.2 Analyse macroscopique : visualisation, paradigmes et interprétations comme fondements

Premiers critères pour fonder l'analyse a priori

Le choix le plus immédiat, compte tenu de notre élaboration théorique, consiste à fonder l'analyse a priori sur les considérations suivantes :

- Quel type de visualisation ? Iconique ou non-iconique ?
- Quelles opérations sont-elles disponibles ? Déconstruction instrumentale, déconstruction dimensionnelle ?
- Sur quelles unités figurales s'exercent les opérations ? (0D/3D, 1D/3D, 2D/3D)
- À quel paradigme se réfère l'élève ? GI ou GII ? Éventuellement, pour préciser, on peut s'appuyer sur une distinction entre GI assumée, GII subreptice, GII assumée. . .

Un calcul des combinaisons pourrait nous offrir une distinction de cas sur laquelle fonder notre analyse a priori, grâce à une première caractérisation des stratégies de résolution possibles. Par exemple : “*Dans le cadre de la visualisation iconique, en l'absence de déconstructions et en s'appuyant sur GI, reconstruire un point positionné dans l'espace par le seul contrôle visuel permet de résoudre le problème.*” Deux difficultés sont à signaler, et la seconde nous semble rédhibitoire.

Limites

La première est le caractère non-constructif : il faut remplir “chaque case”, mais les facteurs considérés ne permettent que d'en délimiter le contour sans nous préciser que “*il est possible de construire un cercle par trois points sur une face, puis sur une autre, et enfin l'intersection — qui existe et est unique — de ces deux cercles*”. Cependant, rien ne nous interdirait de rechercher d'autres outils pour “remplir les cases”.

La seconde consiste en la validité du contour de cette distinction de cas. Nous avons en effet montré qu'une résolution s'appuyant sur une sélection précise de ces facteurs est particulièrement rare.

Considérons la stratégie, pourtant très simple, permettant de reconstruire le dernier sommet d'un cube qui a été sectionné par un plan⁵ : “Positionner perceptivement le centre de la face supérieure, puis construire le sommet manquant par symétrie centrale, le tétraèdre qui manquait au cube, et ajuster la position du centre de symétrie pour éviter toute imperfection.”

5. On se reportera à l'annexe C.1

La construction du tétraèdre, superflue d'un point de vue mathématique, dénote d'une interprétation du problème par la visualisation iconique — nous développerons par la suite cette affirmation — de même que le positionnement perceptif et l'ajustement du centre de la face supérieure. La validation finale par bonne reconstruction de la forme renvoie quant à elle à GI. L'emploi de la symétrie traduit en revanche d'une intervention de la visualisation non-iconique, des propriétés du cube, et par là même d'une déconstruction instrumentale ou d'une déconstruction dimensionnelle. Mentionnons en outre qu'un degré certain d'anticipation est nécessaire pour construire le centre de la face supérieure, qui ne servira que comme argument pour la symétrie centrale.

Bien que leur prise en compte soit indispensable, compte tenu de notre réflexion préalable, il semble que les modes de visualisation et les paradigmes ne puissent fonder à eux-seuls la détermination de stratégies a priori. La difficulté principale réside dans le fait qu'une stratégie n'est pas nécessairement cohérente de ce point de vue : une partie de la résolution peut s'effectuer sous le contrôle de la visualisation iconique, tandis que localement la déconstruction dimensionnelle peut intervenir.

Prise en compte des interprétations

Nous proposons de fait, pour établir des stratégies a priori, de considérer de manière distincte deux questions :

- (i) À quelle interprétation du problème la stratégie répond-elle ?
- (ii) Quels sont les moyens mis en œuvre ?

La difficulté que nous avons soulevé s'applique au point (ii), mais affecte peu (i). De fait, les différents types de visualisations et paradigmes nous conduiront à déterminer a priori des interprétations — ou éventuellement classes d'interprétations — susceptibles d'être traités par le sujet (Fig. 3.5), et à envisager différentes stratégies permettant leur résolution.

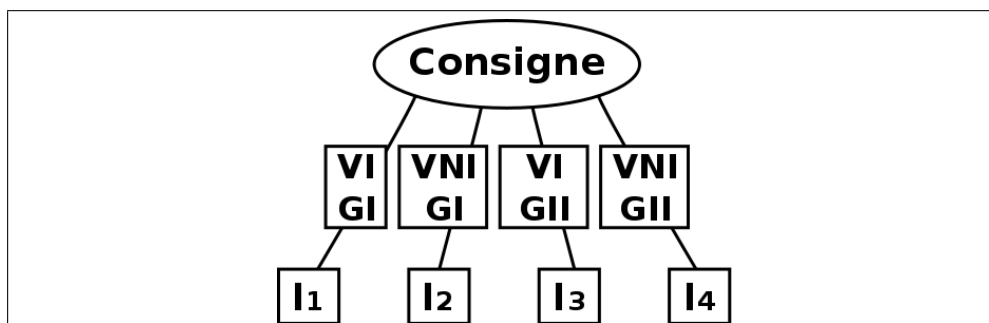


FIGURE 3.5 – Détermination a priori des interprétations du problème.

Détermination des stratégies

Une fois déterminés ces interprétations, nous ne chercherons pas à émettre a priori des hypothèses sur les fonctionnements cognitifs relatifs aux stratégies identifiées : il est déjà apparu que cela aurait peu de sens.

Ce sont donc les points de vue mathématique — les connaissances du sujet — et instrumental — les possibilités offertes par l'artefact, l'utilisation que peut en faire le sujet — qui permettront d'établir des stratégies a priori. Il s'agira d'établir les différentes possibilités s'offrant pour résoudre le problème, compte tenu du contexte — mathématique et instrumental — dans lequel il s'offre au sujet (Fig. 3.6).

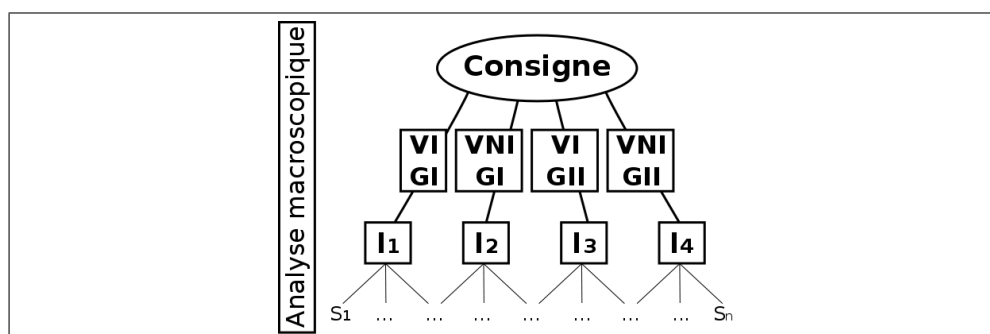


FIGURE 3.6 – Détermination a priori des stratégies.

Cette identification peut sembler quelque peu empirique, mais en réalité elle représente une part extrêmement faible de l'analyse a priori en préparant une interface avec une analyse microscopique, qui détaille les moyens effectivement mis en œuvre pour appliquer une stratégie donnée.

3.5.3 Analyse microscopique

Cette analyse en termes de stratégies, si elle propose un premier cadre d'étude, est largement insuffisante. Tout d'abord elle n'est pas opératoire : pour rattacher une observation à une ou plusieurs stratégies, nous ne disposons pas d'outil d'analyse systématique. En outre, nous verrons que deux stratégies très distinctes — selon leur rattachement, par exemple, à GI ou GII — peuvent être très similaires. Dès lors l'analyse d'une observation en termes de stratégies, et donc de visualisations ou paradigmes, souffre d'une trop forte dimension interprétative. Le problème sous-jacent est en fait la finesse du découpage en "stratégies" : l'analyse est trop grossière pour être réellement signifiante, pour identifier par exemple la coexistence de plusieurs fonctionnements cognitifs du sujet dont nous avons fait l'hypothèse.

Nous proposons de fait un travail d'analyse a priori supplémentaire, s'ap-

puyant sur le modèle $cK\zeta$, non plus pour établir des stratégies a priori, mais pour les analyser, les affiner, en dégager des *procédures* — nous préciserons ce terme.

Une analyse en termes d'opérateurs et contrôles

Il s'agit ici de nous appuyer sur le modèle $cK\zeta$ pour établir une liste d'opérateurs et de contrôles pertinents relativement à une stratégie. Le calcul des combinaisons, puis l'élimination des cas aberrants, nous permet d'établir différentes possibilités selon lesquelles une stratégie pourrait donner lieu à une résolution, au sens de $cK\zeta$ (Fig. 3.7) : transformer un problème initial en un problème résolu⁶ par un enchaînement d'opérateurs et de contrôles. Ces *instanciations* de stratégies seront désignées par le terme de *procédure*, sur lequel nous reviendrons par la suite.

Deux avantages semblent accompagner cette méthodologie.

Le premier est que les procédures ainsi établies peuvent être directement confrontées à des observations, contrairement aux stratégies. L'analyse a posteriori est de fait plus précise, et plus robuste, que l'identification de stratégies.

Le second est qu'il est possible d'accorder une "valence globale" aux procédures relativement à nos orientations théoriques : si une procédure s'appuie sur n opérateurs relevant de la visualisation iconique, n' de la visualisation non-iconique, que le contrôle s'effectue par m structures s'inscrivant dans GI, m' dans GII, il est possible d'en déduire — en fait de calculer — cette valence globale.

3.5.4 Retour sur l'analyse a priori

La méthodologie que nous avons mise en place s'articule en deux parties : l'une est tournée vers la finalité de la résolution et donne les contours de grands types de stratégies, la seconde donne des observables pour la résolution elle-même et étudie les moyens de mise en œuvre des stratégies. Cette articulation pourrait paraître artificielle, et obéir à deux impératifs distincts, mais en réalité elle correspond à une dialectique entre deux aspects. Nous proposons d'envisager ceci sous deux prismes : d'une part les conceptions, et d'autre part la précision des rapports entre stratégie et procédure.

Stratégie, procédure, processus

Afin d'explicitier la dialectique entre les deux analyses que nous aurons à mener, et leurs relations avec les observations pratiques, il nous faut revenir

6. Voir 3.1.1, p. 104

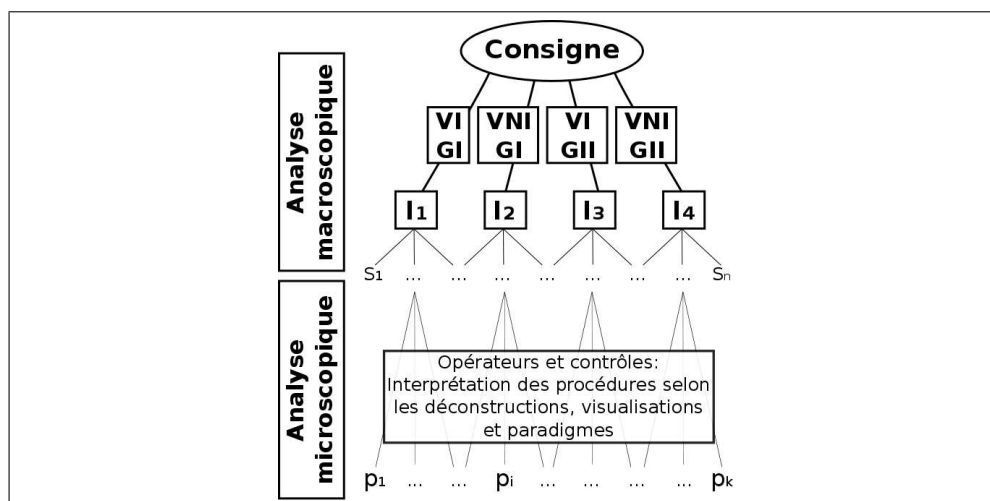


FIGURE 3.7 – Détermination a priori des procédures.

sur la distinction entre stratégie et procédure, et les mettre en regard de *processus de résolution* effectivement observés.

Tel que nous avons employé ce terme, une **stratégie** est une méthode générique pour résoudre le problème, sans que la résolution effective ne soit détaillée. La description de stratégies provient de l'analyse a priori — et est donc relative à une modélisation du problème —, et permet une première caractérisation générale de la méthode. Elle est à envisager comme permettant une anticipation, sans que la résolution effective soit réellement envisagée.

On s'intéressera par exemple à la construction d'un sommet de cube par le prolongement d'arêtes.

Une **procédure** est l'instanciation d'une stratégie en vue d'une résolution effective. Nous détaillerons généralement dans une procédure trois composantes :

- (i) une ou des structures de contrôle antérieures à l'action, qui permettent d'engager un processus de résolution. C'est la fonction de sélection [des opérateurs] (Vadcard, 2000, p.13).
- (ii) un enchaînement organisé d'opérateurs permettant la résolution du problème
- (iii) un ou des contrôles postérieurs à l'action, permettant des *jugements sur l'état de résolution d'un problème* (ibid.)

Nous désignerons enfin par **processus** une tentative de résolution effectuée par un sujet. Il pourra s'agir de la mise en œuvre effective d'une procédure, mais un processus pourra faire intervenir plusieurs simultanément.

ment. Nous le décrirons par une succession d'opérateurs, ainsi que par les contrôles associés quand il sera possible de les observer ou de les inférer.

Un exemple

Considérons par exemple la seconde situation que nous proposerons dans le chapitre suivant : étant donné deux droites construites dans Cabri 3D, il s'agit de déterminer si elles se coupent.

La visualisation non-iconique et GII permettent de considérer qu'il ne suffit pas d'observer si les droites se coupent effectivement à l'écran — par matérialisation du point d'intersection — ou de procéder à une observation instrumentée des grandeurs caractéristiques — mesurer la distance entre les droites. L'interprétation du problème que nous pouvons déterminer a priori est le suivant : *les droites représentées par les objets présents à l'écran se coupent-elles ?*

Pourtant, cette interprétation peut donner lieu à deux stratégies permettant de montrer que les droites se coupent. La première serait une émanation de la géométrie plane : “Vérifier que les droites ne sont pas parallèles”. La seconde prend en compte les particularités de la géométrie dans l'espace : “Vérifier que les droites sont coplanaires et ne sont pas parallèles”.

Ces stratégies peuvent enfin donner lieu à de nombreuses procédures. Pour la seconde, il est possible de vérifier que les droites sont coplanaires à l'aide de l'outil “point d'intersection” ou “plan”, qui n'acceptent les deux droites comme argument que si elles sont coplanaires, par la construction d'un polygone dont deux arêtes auraient ces droites pour support... Il est ensuite possible, par exemple, de vérifier qu'un plan perpendiculaire à la première droite est aussi perpendiculaire à la seconde à l'aide de l'outil de mesure d'angle⁷.

Cette dernière vérification, par double orthogonalité, est à elle seule une procédure correspondant à la première stratégie.

On distinguera donc par exemple les procédures suivantes :

1. assurer la coplanarité avec l'outil “point d'intersection”, puis infirmer le parallélisme par double orthogonalité, sous le contrôle suivant : “l'angle représenté est droit si et seulement si sa mesure fait apparaître le symbole « angle droit »”. La visée et la mise en œuvre sont entièrement tournés vers l'objet géométrique.
2. assurer la coplanarité par construction d'un polygone, puis infirmer le parallélisme par double orthogonalité, sous le contrôle suivant : “l'angle

7. Cet outil permet de distinguer un angle dont la mesure est 90° d'un angle dont la construction géométrique assure qu'il est droit.

représenté est droit si et seulement si sa mesure fait apparaître le symbole « angle droit »”.

3. infirmer le parallélisme par double orthogonalité, sous le contrôle : “l’angle représenté est droit si et seulement si sa mesure fait apparaître le symbole « angle droit »”. La visée et la mise en œuvre sont entièrement tournés vers l’objet géométrique, mais s’inscrivent dans la géométrie plane et non dans l’espace.
4. infirmer le parallélisme par double orthogonalité, sous le contrôle suivant : “l’angle représenté est droit si et seulement si sa mesure vaut 90° ”. La procédure est iconique, tournée vers le dessin. (elle correspond à une autre stratégie, mais nous la mentionnons pour les besoins de l’exemple)

Enfin, l’observation pourra être la suivante : construction d’un polygone s’appuyant sur les deux droites, puis test du parallélisme selon la procédure 4. Ce processus emprunte aux procédures 2 et 4, ce qui pourra nous conduire à interpréter ce processus comme étant initialement déterminé par la visualisation non-iconique, et s’inscrivant dans GII, mais empruntant ponctuellement des moyens de résolution “iconiques” quand l’élève n’est pas capable d’en mobiliser d’autres.

Nous voyons ici un apport très fort de ce modèle qui nous permet une analyse fine et souple mettant en regard des stratégies a priori et les observations a posteriori.

Méthodologie synthétique

L’analyse a priori s’organisera donc selon plusieurs étapes, comme l’illustre la figure 3.7 :

- (i) Étant donnée une situation, établir dans un premier temps **les interprétations du problème** que le sujet est susceptible de considérer, selon le type de visualisation et de paradigme qu’il peut mobiliser.
- (ii) Ces problèmes peuvent donner lieu à des **stratégies**, qui permettront d’envisager des grands types de résolution. Les critères conduisant à déterminer a priori ces stratégies seront pour certains liés aux variables de la situation, aussi nous choisissons de ne les détailler que lors de l’analyse a priori, mais il pourra par exemple s’agir des connaissances mathématiques ou instrumentales, des déconstructions, des primitives de construction disponibles, de la dimension des unités figurales identifiables...
- (iii) Dans le même temps, il faudra définir et identifier les opérateurs et contrôles susceptibles d’être employés pour les résolutions. Leur nature supposera d’identifier les actions, et leurs caractéristiques seront

liées aux caractéristiques de la situation et de l’environnement informatique, aux connaissances des élèves, à la mise en œuvre de déconstructions...

- (iv) Les stratégies n’étant pas réellement opératoires, elles donneront lieu à des **procédures** qui seront des résolutions effectives prototypiques. L’identification de ces procédures sera basé sur les opérateurs et contrôles identifiés.

L’analyse a posteriori sera de fait basée sur les observables offerts par les deux niveaux d’analyse que représentent les procédures et les stratégies : des processus de résolution “simples” pourront être analysés relativement à des stratégies, mais pour décrire des phénomènes plus précis, les procédures — et même les opérateurs et contrôles — s’avèreront précieux, ce que nous proposons de détailler maintenant.

3.6 Méthodologie d’analyse a posteriori

3.6.1 De quoi doit-elle rendre compte ?

L’analyse a posteriori de nos observations nous permettra de mettre à l’épreuve nos hypothèses, en particulier l’hypothèse de recherche 5 (p. 97). Nous supposons que la méthodologie d’analyse a priori employée permet de rendre compte

- des différentes déconstructions dans l’activité de l’élève,
- des visualisations et des paradigmes, et de leurs statuts respectifs dans la résolution : GI contrôle-t-il des problèmes, la déconstruction instrumentale permettant localement une résolution effective, ou est-ce la visualisation non-iconique qui guide l’interprétation de la consigne, même si localement seule une géométrie de type GI est disponible pour l’élève ?
- des évolutions locales de ces statuts, notamment dans la genèse instrumentale : visualisations et paradigmes donnent-ils lieu à des contrôles qui, à leur tour, conduisent à rechercher de nouveaux opérateurs, ou au contraire l’activité du sujet le conduit-elle à rechercher de nouveaux contrôles ?
- des interprétations du problème par l’élève, par inférence

L’analyse a posteriori consistera finalement en une “rétro-ingénierie” visant à décomposer une observation selon ces différentes dimensions. Les phénomènes observables dont nous devons disposer pour ce faire seront, compte tenu du niveau d’action que nous avons souhaité observer, de deux natures :

- l’activité des élèves réalisée à l’aide du logiciel, qui donneront des observables des actions effectivement réalisées, et donc des opérateurs en jeu

- leur activité discursive, permettant d'inférer les contrôles en jeu. Les traces pourront être des échanges oraux ou des productions écrites.

3.6.2 Deux types d'analyses

La première analyse à mener sera l'identification de stratégies : pour alléger l'analyse de détails inutiles, quand les processus de résolution observés ne seront pas problématiques pour nous et que leur interprétation ne fera pas l'objet de doutes, nous les rattacherons à des stratégies, et de fait à des problèmes identifiés a priori.

C'est dans ce sens que nous pouvons analyser la résolution menée par le premier groupe que nous avons décrit dans le chapitre précédent (2.2, p. 63) : après quelques hésitations initiales, la construction s'effectue par symétries, le contrôle visuel est secondaire, et l'objet visé est décrit par la déconstruction dimensionnelle. Bien que cette observation soit signifiante, nous n'estimons pas pertinent de détailler outre mesure le processus de reconstruction.

En revanche, dans certains cas ce niveau d'analyse sera largement insuffisant, par exemple une phase d'instabilité, c'est-à-dire quand l'élève ne peut mobiliser aucune procédure cohérente avec le problème qu'il a identifié. Cela peut survenir quand les procédures connues ont été tentées et se sont soldées par des échecs, ou quand aucune résolution ne convenait au problème interprété. Il devient alors nécessaire de rechercher de nouvelles procédures de résolution, ou de considérer une nouvelle interprétation du problème.

Les hypothèses que nous avons proposées, notamment celle de l'émergence de la visualisation non-iconique dans l'activité instrumentale, nous conduisent à considérer qu'une nouvelle interprétation de la consigne, c'est-à-dire un nouveau problème, n'émerge pas *ex nihilo*. Nous supposons que la première adaptation du sujet aux rétroactions concernera les moyens de résolution mis en œuvre, et que cette évolution pourra éventuellement à son tour affecter les problèmes envisagés.

«K̄» permettra d'étudier les opérateurs et contrôles mobilisés, pour caractériser l'évolution de l'activité du sujet :

- Est-elle cohérente avec l'interprétation, notamment du point de vue de la visualisation ?
- L'apparition de nouveaux moyens de résolution privilégie-t-elle l'émergence des opérateurs, des contrôles, ou ceux-ci émergent-ils simultanément ? Cette question intéressera notamment les genèses instrumentales.
- Comment la coexistence d'opérateurs et contrôles s'inscrivent dans différentes visualisations et paradigmes se déroule-t-elle ?
- Comment l'interprétation du problème par les élèves change-t-il ? En particulier, est-il possible d'identifier des conditions incitant l'élève à

énoncer explicitement un changement de problème ?

3.6.3 Identification des opérateurs et contrôles

Pour tenter d’apporter une réponse à ces interrogations, il nous faudra donc être en mesure d’identifier la présence d’opérateurs et de contrôles, caractérisés a priori, dans des observations.

Le choix de considérer comme “action” les transformations effectuées par le sujet dans Cabri 3D rendra l’identification des opérateurs relativement aisée. Cependant il ne faudra pas perdre de vue qu’un opérateur peut ne pas avoir de sens dans Cabri 3D, pour des raisons inhérentes à l’environnement, et si il vise à produire une transformation, on ne peut pourtant pas en observer. Considérons l’opérateur suivant : *“si je veux construire un carré dont une arête est un segment donné, je dois utiliser l’outil carré, sélectionner le segment et le centre”*. Cet opérateur est légitime d’un point de vue mathématique, et peut être employé par l’élève ; cependant il ne peut produire de transformation effective. Un tel opérateur ne pourra s’observer directement par les résultat qu’il produit, mais devra néanmoins être pris en compte.

L’identification de contrôles est plus délicate, dans la mesure où ils ne produisent généralement pas d’observables directs. Il est en effet rare que le sujet explicite les raisons de ses actions, de ses choix, que ce soit intégralement ou même partiellement. Il nous faudra donc procéder par inférence pour déterminer les contrôles employés à partir des différents observables, en particulier dans les productions discursives des élèves.

Nous privilégierons les interactions langagières entre élèves, que nous considérons plus fiables et plus “transparentes”, dans la mesure où elles échappent à une relation didactique “enseignant-élève”. La formulation n’est alors pas tournée vers l’enseignant et est moins susceptible d’être perturbée par un effet de contrat. En effet, il n’est pas rare d’observer la cohérence d’une résolution commune à deux élèves avec leurs échanges verbaux, puis de voir ces mêmes élèves produire une explication déconnectée — mais en apparence plus “savante” — pour décrire leur travail à l’enseignant. Par exemple, construire un carré à l’équerre, puis dire “on a fait des symétries parce que c’était un carré” : la leçon précédente portait sur les axes de symétrie du carré. Les interactions verbales d’élèves avec l’enseignant offriront néanmoins des observables qu’il faudra exploiter, mais avec une plus grande circonspection. Enfin, il faudra chercher des contrôles apparaissant implicitement dans les actions des élèves, par exemple en interprétant la conclusion à laquelle les conduit un processus de résolution. En particulier ces contrôles pourront être révélés par des désaccords — implicites ou explicites — entre plusieurs élèves, quant à la signification qu’ils attribuent à leurs actions : deux conclu-

sions opposées peuvent être tirées d'une résolution commune, et ces désaccords pourront s'avérer des indicateurs de qualité pour identifier les contrôles utilisés.

Intermède

Un point de vue théorique. . .

À la fin du premier chapitre, nous avons mentionné que ce travail s'inscrivait dans la Théorie des Situations Didactiques et s'appuyait sur la méthodologie d'ingénierie didactique.

De la TSD, nous n'avons gardé "que" l'examen de la relation a-didactique, et avons cherché à caractériser un milieu permettant de remplir les objectifs que nous avons défini.

La méthodologie d'ingénierie didactique nous a conduit à articuler cette caractérisation autour de deux études. Tout d'abord, une première étude basée sur un cadre théorique fort, nous conduisant à formuler des postulats — nos hypothèses de travail — et des hypothèses de recherche issues de ce cadre théorique. Ensuite, une étude expérimentale visant à confronter nos hypothèses à leur mise en pratique.

Le cadre théorique retenu comporte différents aspects :

- les paradigmes géométriques (chapitre 1)
- les visualisations et déconstructions (chapitre 1)
- les différentes fonctions du dessin (chapitre 1)
- l'approche instrumentale (chapitre 2)
- une réflexion essentiellement théorique sur les déconstructions (chapitre 2)
- une modélisation par $cK\mathcal{G}$ qui sera aussi notre outil principal d'analyse (chapitre 3)

Il nous conduit essentiellement à proposer deux hypothèses de recherche complémentaire :

- (i) Cabri 3D permet de concevoir un milieu où l'emploi de la visualisation iconique est déstabilisé, sans être totalement proscrit, et où seule la déconstruction dimensionnelle permet de stabiliser le système [sujet<>milieu]
- (ii) Dans Cabri 3D, la déconstruction instrumentale offre une interface entre visualisation iconique et déconstruction dimensionnelle, et cette dernière peut émerger d'un besoin d'utiliser des primitives complexes.

. . . à éprouver expérimentalement

Ces hypothèses appellent à une mise à l'épreuve par l'expérimentation, et une analyse qui sera avant tout qualitative. Cependant, les considérations théoriques précédentes ne sauraient à elles seules déterminer entièrement la construction de l'ingénierie didactique, et aussi nous proposons ici d'évoquer

quelques choix génériques, préalablement à l'étude de situations d'apprentissage.

Une expérimentation en (classe de) seconde

Une expérimentation en seconde

Le problème du passage vers GII, ou vers un travail sur la figure, ou encore vers la démonstration, guide une grande partie de l'enseignement secondaire de la géométrie en France. Les ambitions de cette étude pourraient donc prendre du sens dès le collège, et ainsi accompagner l'émergence attendue d'une activité géométrique se détachant progressivement de la seule expérience sensible. Pourtant, nous avons choisi d'effectuer l'expérimentation avec des élèves de seconde.

En effet, l'institution considère que ce passage devrait être déjà réalisé en fin de collège, et qu'alors la géométrie enseignée doit s'inscrire dans GII. Pourtant, il apparaît très nettement que cela ne s'applique qu'à une part relativement faible d'élèves. Mais pour la grande majorité, quand bien même des outils appartenant à GII — théorèmes, modalités de démonstration... — sont connus, ils ne sont mobilisés que très localement et GI constitue le paradigme dominant.

Ce contexte s'avère particulièrement favorable à notre expérimentation : il ne s'agit pas tant de faire émerger un savoir s'inscrivant dans GII et ses modalités d'emploi — ce qui est, à n'en pas douter, un travail de longue haleine — que de le légitimer en offrant des conditions dans lesquelles il devient plus pertinent que GI. C'est bien cet horizon que nous avons évoqué précédemment. La préexistence de savoirs acquis auparavant, loin d'être problématique, permet en fait de susciter des évolutions et de les observer sur un temps très court, ce qui n'aurait pas été possible s'il avait fallu apporter les savoirs en même temps qu'ils devenaient nécessaires.

Il ne faut bien sûr pas non plus négliger l'aspect pratique : la géométrie dans l'espace occupe une place très faible dans l'enseignement des mathématiques, et la classe de seconde offre plusieurs avantages. Son étude y est plus importante que dans les classes antérieures, les connaissances mathématiques des élèves sont plus nombreuses — ils sont par exemple plus familiers avec les transformations —, les classes ne sont pas encore spécialisées, et la fin de seconde n'est pas sanctionnée par un examen.

Une expérimentation en classe

L'expérimentation en classe paraissait plus adaptée à nos objectifs qu'un déroulement en laboratoire, en permettant d'observer une population nombreuse et en limitant — sans toutefois le supprimer — l'impact de condi-

tions ostensiblement expérimentales sur le travail des élèves. Les situations proposées s’inscrivaient plus facilement dans la scolarité “normale” de l’élève.

En raison de la difficulté de l’évolution que nous voulons susciter comme de la prise en main de l’EIAH, il ne saurait être question de nous limiter à une seule expérimentation.

Afin de nous affranchir des effets les plus notables de “l’apprentissage du logiciel”, une première séance de “prise en main” sera nécessaire. S’ensuivront trois activités dont la complexité — ce qui ne préjuge pas de la difficulté — sera croissante. Ce nombre répond à la fois à la volonté d’observer une certaine variété de situations, avec des complexités et des enjeux différents, et à des contraintes temporelles limitant le temps consacré à cette expérimentation dans une même classe.

Dans le but de limiter les connaissances relatives à la géométrie dans l’espace, ces expérimentations ont eu lieu avant que cette part du programme ait été abordée avec les élèves. Chaque séance de travail occupe une heure d’enseignement, ce qui correspond en fait à environ 45 minutes de travail effectif.

Conditions expérimentales

Organisation du travail

Les activités ont été proposées à des élèves travaillant par binômes.

La première raison est une volonté de limiter les risques de “blocage” : ce type de situation étant complexe et inhabituel pour les élèves, nous pensons qu’un travail en groupe permet plus facilement à un élève démuné de trouver un interlocuteur, et de résoudre ainsi nombre de difficultés — notamment relatives à l’utilisation de l’environnement informatique.

La seconde raison est que cette organisation est à même de favoriser des confrontations de points de vue, et donc une formulation des implicites de la résolution. Du point de vue des observables, en particulier concernant les contrôles, cette formulation est précieuse.

La troisième raison découle de la seconde : le besoin d’argumenter, de formaliser en dépassant l’échange — rapidement stérile — d’opinions, peut apparaître comme propice au passage vers la déconstruction dimensionnelle et GII.

On peut se rappeler que la déconstruction dimensionnelle est “essentiellement discursive”. On peut aussi remarquer, dans les transcriptions que nous avons présentée au début du chapitre 2, que les discours étaient initialement tournés vers la réalisation d’actions, et avaient ensuite fortement évolués vers

des descriptions qualitatives ; dans le même temps ils gagnaient fortement en efficacité.

Nous avons exclu les interactions langagières de notre champ d'étude, mais leur caractère "favorable" pour l'apparition de la déconstruction dimensionnelle semble lui aussi plausible.

Enfin, il ne faut pas exclure des raisons pratiques, en particulier le nombre de machines disponibles. En règle générale, nous avons cherché à ce que les élèves soient séparés d'une certaine distance — même symbolique — pour éviter autant que possible un effet de contamination, par lequel une résolution se transmettrait d'élève en élève. Même en séparant la classe en deux groupes, la configuration des salles informatiques imposait généralement un travail par binômes.

Recueil de données

En raison de la finesse d'analyse que requiert cK ζ , il est essentiel de recueillir des données offrant des observables nombreux et détaillés.

Nous utilisons à cet effet des captures d'écran vidéo du travail des élèves sur l'ordinateur, à l'aide du logiciel Camstudio 2.0, ainsi que des enregistrements audio de chaque binôme, réalisés à l'aide de dictaphones.

Ces enregistrements sont ensuite transcrits simultanément à l'aide du logiciel d'annotation ELAN, qui permet de faire figurer les échanges oraux entre les élèves, de décrire leurs actions à l'interface du logiciel, et de réaliser des captures d'écran de la vidéo quand cela aide à la compréhension. Ces transcriptions constitueront l'essentiel du matériau présenté dans cette thèse, sur lequel seront fondées nos analyses.

Afin de compléter ces observations, il sera éventuellement possible de nous appuyer sur une captation vidéo de la séance entière — à l'aide d'une caméra embrassant la majeure partie de la classe — et sur les productions écrites recueillies à la fin de certaines séances.

Deuxième partie

Une mise à l'épreuve
expérimentale

Chapitre 4

Analyses a priori

Le présent chapitre sera consacré à l'étude des expérimentations qui ont permis de mettre à l'épreuve nos considérations théoriques. Après une rapide description de la séance d'initiation à Cabri 3D proposée aux élèves, ce chapitre sera consacré à l'analyse a priori des trois situations élaborées pour l'expérimentation. Le choix de regrouper ces trois analyses nous semble permettre de mieux rendre compte de leur enchaînement, et des relations qu'elles entretiennent. Ainsi on verra par exemple que la première situation s'inscrit dans la géométrie du solide, permettant à l'élève de se familiariser avec l'environnement ; puis qu'une seconde situation ouvre des perspectives moins familières — la non-coplanarité de deux droites, sans la présence de solide — en s'appuyant sur la manipulation de l'environnement informatique ; et qu'enfin la dernière propose un dialogue, complexe dans l'espace, entre propriétés et transformations.

De fait, il ne s'agira pas d'une simple juxtaposition, et chaque situation aura ses enjeux propres destinés à la fois à répondre partiellement à nos interrogations et à servir une progression s'étendant tout au long de l'expérimentation.

Afin de ne pas surcharger inconsidérément la lecture, nous ne reproduirons pas dans le corps du texte l'intégralité des procédures identifiées. Certaines seront citées à titre d'exemple, et les autres seront reproduites en annexe.

4.1 Mise en bouche : prise en main de Cabri 3D

La prise en main de Cabri 3D a été proposée lors d'une première heure de cours. Cette séance est la seule au cours de laquelle chaque élève a travaillé individuellement, afin de garantir que tous aient effectivement manipulé l'interface du logiciel. L'énoncé fourni est très détaillé et directif, proposant des explications et des exercices à réaliser s'appuyant sur les principales fonc-

tionnalités de Cabri 3D (cette consigne est reproduite en annexe A). L'énoncé s'inspire largement de documents élaborés par Colette Laborde, destinés principalement à la formation d'adultes à Cabri 3D.

L'objectif principal de cette séance de travail est avant tout de proposer aux élèves une première approche de l'environnement informatique, d'un point de vue pratique bien sûr — le fonctionnement de l'environnement — mais aussi d'un point de vue “psychologique”. En effet, la familiarité de l'élève avec l'informatique peut affecter de manière forte son activité et son implication dans la résolution ultérieure de problèmes, et nous avons pu observer des élèves pour lesquels la seule manipulation de la souris était initialement “anxiogène”. Nous supposons que l'obligation d'utiliser seul le logiciel, en s'appuyant sur des consignes très directives, permet de limiter ce phénomène et ses effets dans nos observations ultérieures.

D'un point de vue pratique, il s'agit en outre pour l'élève de découvrir les différentes fonctionnalités de l'environnement : les différentes primitives, le déplacement, la possibilité de masquer des objets, d'afficher une aide. . .

De plus, l'absence de réel enjeu mathématique au cours de cette séance permet d'assurer une grande disponibilité de la part de l'enseignant pour guider l'utilisation du logiciel par les élèves.

Enfin, cet énoncé est conservé par les élèves et a pour vocation de servir de “mode d'emploi”, détaillant les différentes fonctionnalités de Cabri 3D.

Notons que la forme très directive de cette activité permet d'utiliser les fonctionnalités de Cabri 3D, mais ne les problématise pas. Il en va notamment ainsi du déplacement, dont nous avons mentionné la complexité de l'instrumentation en référence à la thèse de Restrepo (2008) : dans le cas présent les élèves doivent déplacer des objets, mais sans qu'y soit attachée une réelle finalité du point de vue de la résolution d'un problème de géométrie. Ainsi, l'émergence d'*instruments* permettant de résoudre des problèmes de géométrie et s'appuyant sur les outils de Cabri 3D est en général absente de ce travail.

L'observation de cette première séance révèle des inégalités très fortes entre les élèves : pour certains il a été nécessaire d'ajouter des parties supplémentaires à l'énoncé — parties 8, 9 et 10 —, tandis qu'il a été difficile pour d'autres élèves de parvenir à la partie 7 concernant les transformations.

La cause principale semble être la familiarité de l'outil informatique qui permet à certain une prise en main très rapide des fonctionnalités les plus “simples” : créer un point, changer le point de vue, construire des objets simples. . . Cependant, cette différence semble s'atténuer rapidement, et est peu perceptible — à quelques rares exceptions près — dans les séances suivantes.

4.2 Reconstruction d'un sommet manquant

La première situation que nous présenterons ici a été conçue selon un double objectif, de diagnostic et d'initiation. Initialement, il ne s'agissait pas nécessairement de mettre à l'épreuve toutes nos hypothèses, dans la mesure où il est par exemple difficile de séparer les évolutions liées essentiellement à la situation de celles liées à un effet de contrat.

La répétition de la même consigne permet d'observer les différentes approches que peut mobiliser un même élève, et éventuellement le statut — en particulier du point de vue de la validation — de chacune. Elle conduit en outre l'élève à rechercher différentes réponses possibles à un même énoncé, ce qui lui permet de comparer leur efficacité, fiabilité, validité...

Il s'agit aussi d'une "initiation" dans la mesure où l'énoncé est très simple, et où le nombre des réponses possibles conduit l'élève à employer différents outils de Cabri 3D et à interpréter différentes rétroactions. L'usage des primitives avait été fortement contraint dans l'étape précédente, il est maintenant nécessaire de s'approprier leur usage. Il en est de même du déplacement, et cette situation est aussi l'occasion de faire émerger un contrat dans lequel celui-ci joue un rôle fort pour la validation.

4.2.1 Description de la situation

L'objet de l'activité proposée à l'élève est la reconstruction du sommet manquant d'un cube $ABCDEFGH$ qui aurait été sectionné par un plan à proximité du sommet F (Fig. 4.1). Celui-ci lui est proposé dans Cabri 3D, et sert de support à la construction. Comme l'indique l'énoncé (annexe C.1, p. 27), il s'agit pour l'élève de trouver le plus grand nombre possible de méthodes pour reconstruire le sommet manquant, et de décrire ces méthodes sur l'énoncé (l'original proposait sept emplacements pour ces descriptions, nous n'avons reproduit que le premier).

Cette activité est proposée à des élèves de seconde, travaillant par binômes durant 45 minutes environ.

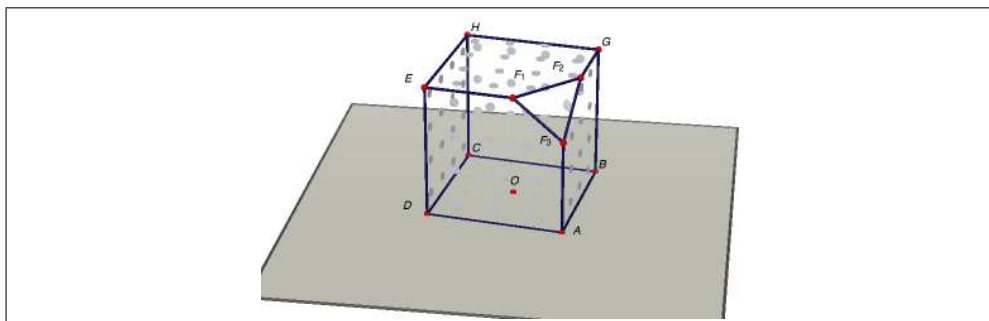


FIGURE 4.1 – Cube à compléter

La validation est laissée à la charge des élèves, qui doivent décider si leur reconstruction est valide. Trois grandes catégories de validation sont à envisager : bonne reproduction de la forme, résistance de la forme “cube” au déplacement, ou validation théorique — nous détaillerons ultérieurement ces modalités de validation. Afin de souligner le rôle du déplacement dans la validation, si le besoin s’en fait sentir l’enseignant est invité à souligner auprès des élèves l’intérêt de déplacer le point A : il est possible d’observer des phénomènes qui étaient auparavant invisibles.

Enfin, l’activité est séparée en deux parties : dans la première, la boîte à outils n’est pas contrainte, en revanche dans la seconde les outils permettant la construction directe d’un point — “point”, “point d’intersection” — ont été supprimés.

4.2.2 Variables didactiques

Comme nous l’avons mentionné, il s’agit avant tout d’une situation d’initiation et de diagnostic, ce qui motive le choix du cube comme objet d’étude. Cet objet est familier pour les élèves, du point de vue de la forme et des propriétés caractéristiques — longueurs, angles, symétries... Adosser cette situation à ce polyèdre permet de faire porter la difficulté sur la production de multiples méthodes de construction plutôt que sur l’étude de l’objet lui-même.

Les caractéristiques de la représentation graphiques sont les suivantes : les arêtes et sommets sont représentés en traits pleins, et les faces sont recouvertes de petits disques. De cette manière les faces sont matérialisées, mais il reste possible d’avoir visuellement accès à l’intérieur du cube.

Le choix de nommer les sommets répond à une contrainte de communication. Oralement, il est plus facile de donner des indications, et cela facilite grandement les descriptions écrites des stratégies.

Le choix de laisser la validation à la charge de l’élève est cohérent avec l’objectif de diagnostic de la situation, en limitant l’impact d’une évaluation par l’institution sur les stratégies mises en œuvre, c’est-à-dire en limitant l’effet de contrat.

L’intervention de l’enseignant soulignant le rôle du déplacement dans la validation n’est pas neutre. Elle vise à offrir un rôle central au déplacement dans l’activité de l’élève, et à l’inclure dans la recherche d’observables — pour la validation dans ce cas, mais à d’autres fins par exemple dans la troisième situation que nous présenterons.

Cependant, nous faisons l’hypothèse que les conditions de résistance au déplacement ne sont pas clairement identifiées pour des élèves n’ayant pas

utilisé la géométrie dynamique auparavant. L'intervention de l'enseignant n'a donc pas pour effet d'empêcher les élèves de s'appuyer sur certaines stratégies invalidées par le déplacement — par exemple le positionnement perceptif —, mais elle apporte une réponse négative à leur validité, une fois effectuée la construction.

Désigner le déplacement comme central en géométrie dynamique a donc un effet limité sur cette situation, mais contribue à l'inclure dans le contrat didactique, ce qui sera essentiel pour le travail mené ultérieurement.

Le choix des outils disponibles répond pour sa part à une volonté d'empêcher des élèves de multiplier des stratégies similaires de construction directe du sommet. En effet, les stratégies les plus immédiates s'avèrent être l'ajustement de sa position et la construction par intersection, mais ces stratégies donnent lieu à un grand nombre de variantes qui diffèrent très peu : par exemple, construire l'intersection de deux arêtes, une arête et un plan, une arête et une diagonale, deux diagonales, etc.

S'il est important de permettre ces stratégies dans un premier temps, supprimer la possibilité de construction directe du point conduit à observer sa construction comme partie d'une unité figurale de plus grande dimension dont les propriétés contrôlent la position du point. Nous verrons que certains élèves ne sont pas en mesure de mobiliser ce type de stratégie.

La consigne met en avant la "reconstruction du sommet manquant". Désigner ainsi l'enjeu de la situation, plutôt que de parler de "reconstruction du point F", "reconstruction du point manquant", etc., permet de jouer sur la polysémie du terme. Le sommet peut être envisagé comme objet géométrique — point particulier du polyèdre —, et alors il s'agit de reproduire une organisation géométrique, ou comme objet matériel. Dans cette seconde acception qui renvoie par exemple au "sommet d'une montagne"¹, le sommet peut être le tétraèdre manquant, plutôt que le point lui-même. Cette polysémie nous permettra de distinguer plus aisément des reconstructions s'appuyant sur la visualisation iconique ou non-iconique.

Enfin, il est demandé à l'élève de réaliser une description écrite des reconstructions valides. L'intérêt de ces productions écrites pour elles-mêmes est relativement faible, et nous y aurons peu recours. En revanche, elles contraignent les élèves d'un binôme à statuer de manière définitive sur la validité d'une méthode, à réaliser un travail de formalisation et de justification, et à disposer d'une trace des méthodes déjà employées. Ce travail d'écriture permet donc, pour l'observateur, d'identifier les opérateurs et contrôles jugés légitimes de manière stable par les élèves.

1. en particulier chez les élèves grenoblois

4.2.3 Interprétations du problème

Le premier enjeu de cette analyse a priori est de déterminer les différentes *interprétations* auxquels peut donner lieu le problème posé. Nous limiterons notre étude à la construction du sommet manquant, la rédaction d'une description relevant d'une autre tâche et n'étant pas analysée ici pour elle-même.

L'énoncé comporte trois termes pouvant éventuellement faire l'objet d'interprétation : “construire”, “sommet” et “cube”.

Tout d'abord, *cube* peut donner lieu à trois interprétations.

Du point de vue de la visualisation iconique, il s'agit d'une *forme de cube*, visuellement identifiée comme un objet familier.

Pour le constructeur en revanche, il s'agit d'identifier une succession d'actions cohérentes avec la construction d'un cube, soit en d'autres termes compléter un processus constructif incomplet. Le référentiel théorique en jeu dans ce cas est GI, car GII aurait conduit à une mise à l'épreuve des propriétés constitutives du cube. À ce titre, dans la mesure où les constructions connues sont essentiellement héritées de l'environnement papier-crayon, cela laisse la possibilité à certaines approximations.

Enfin, pour l'inventeur-bricoleur il s'agit de construire un objet dont les propriétés sont celles du cube, c'est-à-dire dont une déconstruction dimensionnelle est celle du cube. Le référentiel théorique est ici GII.

Nous avons vu que le terme *sommet* était polysémique.

L'acception géométrique est à rattacher à la visualisation non-iconique, que le référentiel théorique soit GI ou GII, et dans ce cas la construction du point manquant — par une procédure correcte, ou vérifiant les bonnes propriétés — est l'enjeu du problème.

L'acception matérielle doit quant à elle être rattachée à la visualisation iconique : quand bien même le point manquant serait privilégié par la construction, il est alors nécessaire de le relier matériellement au cube tronqué, par construction des portions d'arêtes ou de faces, du tétraèdre manquant. . . Il s'agit ici de reconstruire l'objet matériel manquant, et non le seul point.

Enfin, *construire* est assujetti aux deux termes précédents : produire le *sommet* qui manque au *cube*. Une nuance est cependant à apporter : c'est le besoin de construction qui met en jeu la singularité du cube proposé, et distingue alors le botaniste de l'arpenteur-géomètre. Le premier devra “produire la même forme”, le second “produire le même forme et en outre les mêmes mesures”.

De fait, le problème peut donner lieu à quatre interprétations distinctes :

I_{cube}^1	compléter le cube tronqué de sorte que le résultat ait une forme de cube
I_{cube}^2	compléter le cube tronqué de sorte que le résultat ait une forme de cube et que ses mesures soient cohérentes avec le cube à compléter
I_{cube}^3	placer un point à l'aide d'une procédure de construction cohérente avec un cube
I_{cube}^4	placer un point relié au cube tronqué par les propriétés géométriques du cube

Notons que le choix du cube, pour cette situation, conduit la visualisation non-iconique à ne pas produire de cas contradictoire avec la visualisation iconique — nous verrons dans la situation suivante que ce n'est pas toujours le cas — : un cube correctement reconstruit par la déconstruction dimensionnelle possède bien une forme et des mesures de cube.

La conséquence est importante pour les problèmes que nous avons proposés et pour l'analyse a priori, puisque cela revient à remarquer que, selon notre dénomination, résoudre un problème I_{cube}^k conduit à résoudre dans le même temps tout problème I_{cube}^i , $i \leq k$, mais que la réciproque est fautive.

En conséquence, nous ne pourrions jamais affirmer qu'une stratégie répond nécessairement à un problème donné, il ne sera possible que d'identifier le problème au delà duquel la stratégie n'a plus de sens. Par exemple : ajuster la position du point à l'aide de mesures peut avoir du sens pour I_{cube}^1 et I_{cube}^2 , mais n'en a plus pour I_{cube}^3 .

La classification d'une stratégie en fonction d'un problème I_{cube}^k est donc à interpréter ainsi : "la stratégie identifiée ne peut permettre de résoudre aucun problème $I_{cube}^{k'}$, avec $k' \geq k$."

Il faut ici encore souligner que les stratégies sont relatives à une finalité, et qu'il restera à examiner les moyens mis en œuvre. Ceux-ci ne seront pas nécessairement cohérents du point de vue de la visualisation ou des paradigmes, et permettront de préciser l'interprétation d'une solution. Ce travail sera effectué par le détail des procédures.

4.2.4 Stratégies

Notons que nous ne traiterons pas la stratégie consistant à déplacer l'un des points définissant le plan d'intersection (F_1 , F_2 ou F_3) jusqu'au point F : elle permet effectivement de "reconstruire" le point F, mais n'informe pas sur une quelconque activité mathématique de l'élève.

I_{cube}^1

Pour envisager des réponses à ce problème, il faut séparer deux types d'unités figurales à construire : les portions d'arêtes et de faces manquantes, dont l'intersection avec le cube tronqué est non-vide, et le sommet F qui en est pour sa part "déconnecté". Il est donc possible, soit de compléter arêtes et faces, et donc d'obtenir implicitement le point F , soit de placer le point F et ensuite de le relier aux points F_1 , F_2 et F_3 .

S_1 Ajustement libre de la position dans l'espace

Il s'agit ici de placer un point à l'écran, hors de tout autre objet, puis de procéder par ajustements successifs de sa position. Le point est relié au cube tronqué, par des segments, des triangles ou un polyèdre, et ces objets peuvent servir de repères visuels pour l'ajustement de la position du point.

Nous avons déjà mentionné que cet ajustement est très délicat dans Cabri 3D, et que ses chances de succès sont minces.

S_2 Ajustement contraint de la position dans l'espace

Pour observer la position d'un point de manière plus fiable, il est possible de contraindre le déplacement d'un point par la construction d'un sous-espace adéquat : une droite, un plan... De fait l'observateur peut s'affranchir des limites posées par la projection, puisque le déplacement se fait dans un espace d'au plus deux dimensions

S_3 Construction d'un polyèdre particulier pour reconstruire le sommet manquant

La construction de la forme par ajustement de la position d'un point étant difficile, le recours à des polyèdres spécifiques — par exemple un tétraèdre régulier — peut être envisagé : ceux-ci permettent un contrôle de la forme qui n'est pas lié à la position d'un point dans l'espace. Cependant, les outils disponibles dans Cabri 3D ne permettent pas le succès d'une telle stratégie, et son essai révèle d'une construction qui n'est pas anticipée. Pour cette raison, nous considérons que cette stratégie vise la seule reconstruction d'une forme.

S_4 Intersection sur-déterminée d'unités figurales

La reconstruction de la forme peut s'appuyer sur le prolongement des unités figurales tronquées, plans supports de faces et droites supports d'arêtes. Leur intersection permet de reconstruire la forme et, implicitement, le point F . Cependant, ce type de stratégie est parfaitement valide, même en termes de déconstruction dimensionnelle. C'est pourquoi nous n'associons à ce problème que des intersections "sur-déterminées", c'est-à-dire comportant plus de tracés qu'il n'est nécessaire pour construire F par intersection.

Par exemple, l'intersection des trois arêtes tronquées relèvera de cette

stratégie, tandis que l'intersection de seulement deux arêtes ne nous aurait pas permis de conclure dans ce sens.

S_5 Transformations et ajustements

Enfin, la reconstruction de la forme peut faire intervenir des transformations afin de mieux contrôler la construction. Nous interprétons généralement le recours aux transformations comme en rapport avec la déconstruction dimensionnelle, mais dans le cas présent l'utilisation de transformations simples peut être mis au service de la visualisation iconique : il s'agira par exemple d'ajuster, à la fin d'une construction, la position d'un centre de symétrie pour assurer la position du point F . Si les moyens mis en œuvre — utilisation de primitives géométriques, prise en compte de relations de dépendance entre unités figurales — font signe vers la déconstruction instrumentale, le positionnement du point F et la validation reposent exclusivement sur l'ajustement d'un point.

I_{cube}^2

Ce problème est très proche du précédent, et de fait les stratégies en relevant correspondent à l'adjonction de mesures aux stratégies précédentes. Ainsi est assurée la cohérence de la construction avec le cube tronqué, et en outre cela offre de meilleures rétroactions visuelles pour l'ajustement.

S_6 Ajustement libre guidé par la mesure

La stratégie est similaire à S_1 , mais les actions ne sont plus guidées uniquement par la forme de l'objet, les mesures offrant des rétroactions supplémentaires : coordonnées, mesure de la distance au point A ...

S_7 Report de mesure sur un objet

Ici encore, la stratégie est similaire à S_2 , mais s'appuie en outre sur des outils de mesure pour ajuster la position du point sur un objet. Il peut par exemple s'agir de construire (AF_3) (Voir 4.1, p. 145), de placer un point F sur cette droite et d'ajuster sa position pour que $AF = AB$.

I_{cube}^3

Le point de vue est ici profondément différent, puisqu'il s'agit respecter une procédure de construction cohérente avec le carré. Les stratégies que nous considérerons comme caractéristiques de ce problème seront peu nombreuses, principalement car en règle générale une reconstruction correcte l'est aussi, implicitement, du point de vue de la déconstruction dimensionnelle et répond à I_{cube}^4 .

Il s'agira donc exclusivement de la transposition de procédures employées en papier-crayon, mais qui ne sont pourtant pas valides dans Cabri3D du point de vue de la déconstruction dimensionnelle.

S_8 Superposition ajustée d'un polygone sur une face

Le sommet F est ici envisagé comme sommet d'un polygone construit sur une face, par exemple un carré — $EFGH$ — ou un $2n$ -gone passant par H . En revanche, le centre de ce polygone — qu'il n'est pas nécessaire de construire, en papier-crayon — est ajusté pour que les sommets coïncident avec le carré de la face supérieure, et en ce sens la construction est invalide du point de vue de la déconstruction dimensionnelle. (Fig. 4.2)

 S_9 Superposition ajustée d'un polyèdre

Cette stratégie est identique à la précédente, mais consiste en la reconstruction d'un polyèdre, ici encore par ajustement de la position de ses arguments.

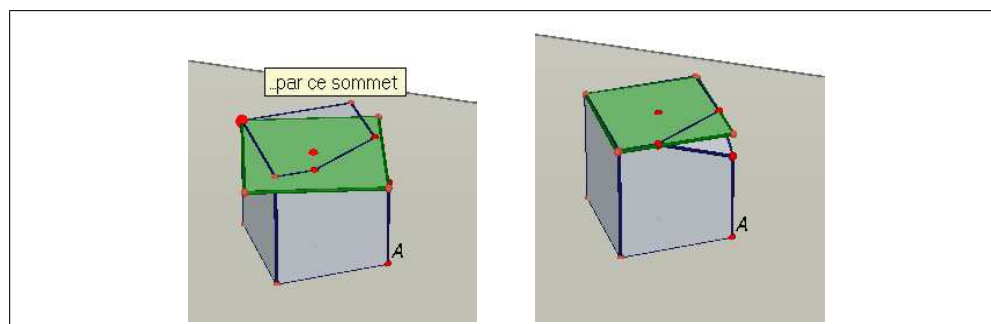


FIGURE 4.2 – Reconstruction de la face supérieure par ajustement du centre

 I_{cube}^4

Les stratégies permettant de répondre à ce problème sont très nombreuses, et nécessitent des degrés d'élaboration différents. Nous mentionnons ici ces différentes stratégies sans préjuger de l'interprétation qu'il faudra donner à leur mise en œuvre : il sera délicat de dire de l'intersection de deux droites qu'elle correspond à I_{cube}^4 , nous ne pouvons qu'affirmer qu'elle *peut* y répondre. La recherche d'une interprétation plus précise devra s'appuyer sur l'analyse de procédures.

 S_{10} Intersection d'un nombre minimal d'unités figurales du cube

Il s'agit de l'intersection d'unités figurales du cube, telles que des droites supports d'arêtes ou des plans supports de faces, en nombre minimal — ce qui distingue cette stratégie de S_4 .

 S_{11} Intersection d'un nombre minimal d'unités figurales ajoutées au cube

Ces intersections font appel à des unités figurales ajoutées au cube, telles que des diagonales, des cercles circonscrits à des faces... Nous

verrons ultérieurement que cette adjonction de nouvelles unités figurales sera importante pour l'analyse des procédures.

S_{12} Construction d'une unité figurale portant F et assurant ses propriétés

Cette stratégie ressemble à S_8 et S_9 , mais dans ce cas les arguments eux-même sont construits relativement à des propriétés, ce qui assure la cohérence de cette stratégie avec I_{cube}^4 .

S_{13} Construction d'une unité figurale extérieure au cube

Le point F peut aussi résulter de la construction d'une unité figurale qui ne soit pas contenue dans le cube tronqué, qui le porte ou qui permette de le reconstruire. L'exemple le plus immédiat est la construction d'un cube accolé à $ABCDEFGH$ qui contienne le point F .

S_{14} Construction par transformations

La dernière stratégie s'appuie sur la construction de F comme l'image d'un autre point par une transformation — symétrie, translation... Nous verrons par le détail des procédures que cette stratégie est valide du point de vue de la déconstruction dimensionnelle, mais qu'en outre elle peut y être associée de manière bien plus forte.

4.2.5 Opérateurs et contrôles

Les opérateurs et contrôles qui nous permettront de décrire des procédures sont décrits dans les annexes B.1 et B.2. Certains ont déjà été détaillés, d'autres seront spécifiques de cette situation et permettront de mettre en œuvre les différentes stratégies ; nous les identifierons par r_{cube}^k et σ_{cube}^k . Les opérateurs spécifiques de cette situation permettent essentiellement de construire des unités figurales en rapport avec elle :

- reconstruction directe d'un tétraèdre de forme donnée. Implicitement, ce contrôle fait appel à un contrôle visuel, tant pour placer le dernier sommet (σ_1) que pour juger de la validité de la construction relativement à la consigne (σ_4), aussi nous considérerons que son emploi renvoie à GI et à la visualisation iconique.
- superposition d'un carré (respectivement d'un cube) à une face tronquée (respectivement au cube). Ces opérateurs permettent de produire des unités figurales dont les propriétés sont contrôlées par les outils employés, mais il faut distinguer deux cas :
 - (i) le positionnement du centre est ajusté (r_{cube}^2 et r_{cube}^4), et dans ce cas le contrôle implicite est l'identité de forme, aussi si ce type de construction peut s'intégrer dans la déconstruction instrumentale, celle-ci est assujettie à la visualisation iconique.
 - (ii) le centre est préalablement construit, et la construction l'utilise comme argument (r_{cube}^3 et r_{cube}^5). Dans ce cas, la construction du

centre doit avoir été anticipée, et le contrôle s’appuie donc sur une déconstruction dimensionnelle du cube.

- la construction des unités figurales que sont les cercles circonscrits ou la sphère suppose un ajout de tracé, aussi nous considérerons ces opérateurs implicitement contrôlés par une déconstruction dimensionnelle. Cependant, comme pour le carré, il est possible d’ajuster la position du centre du cercle après sa construction, et dans ce cas cet ajustement nous renvoie à la σ_4 et la visualisation iconique. Nous interpréterons cette coexistence de la manière suivante : antérieurement à l’action, la déconstruction dimensionnelle permet une anticipation forte et est donc employée pour produire un processus de construction ; postérieurement à l’action, et en dernier ressort, c’est pourtant l’identité de forme qui permet la validation. Les fonctions de ces contrôles, qui transparaissent dans la temporalité de leur usage, sont donc profondément distinctes : l’un permet d’élaborer un processus, l’autre permet de réaliser les actions les plus simples et de valider la construction.
- enfin, “ouverture de polyèdre” permet de “retourner” un cube et apparaît dans certaines résolutions. S’il s’agit bien ici de reconstruire une forme, cela relève plus de l’astuce et nous n’interpréterons pas son usage.

Les contrôles supplémentaires que nous considérons découlent avant tout des particularités du cube et à l’activité de “compléter” qui peut ne pas être interprétée comme une réelle reconstruction.

Du point de vue de l’identité des formes, il s’agit du contrôle par superposition d’un cube au modèle tronqué.

Du point de vue de la procédure de construction, les contrôles sont relatifs à différentes constructions du dernier sommet : par prolongement d’arêtes ou de faces, ou par reconstruction d’une face à l’aide d’un cube identique.

4.2.6 Procédures

Les opérateurs et contrôles nous permettent d’envisager, pour chaque stratégie, plusieurs procédures de résolution qui la rendent effective. Les stratégies déterminent la visée de la résolution, et sont intimement liées au problème — notamment du point de vue des visualisations, déconstructions et paradigmes —, les procédures n’ont en revanche pour fonction que de rendre efficace une stratégie, et d’assurer l’efficacité de la résolution qui y est associée.

La problématique plus pratique qui se pose peut conduire à certains choix a priori incohérents. Cela peut être l’intervention de la déconstruction dimensionnelle pour établir une procédure dont la validité sera pourtant sanctionnée par le seul examen de la forme de la reconstruction, ou inversement une

reconstruction par ajustement effectuée par un sujet qui n'a pas anticipé que cela condamnerait toute possibilité de validation dans GII. Nous l'avons signalé, cette articulation entre problématique pratique et problématique de validation joue un rôle important dans l'évolution que nous souhaitons susciter, et le détail de ces procédures en sera un important outil d'analyse.

C'est par exemple cette explicitation qui permettra de distinguer, dans nos observations :

- la reconstruction d'une face par construction du milieu à l'aide de la primitive géométrique adaptée, soit r^{50} , puis celle d'un carré superposé à cette face en sélectionnant le milieu et un sommet (ρ_{25}). Cette procédure relève de la stratégie S_{12} selon laquelle une unité figurale particulière porte les propriétés de F, qui renvoie donc à la visualisation non-iconique et dans laquelle GII permet l'anticipation.
- la reconstruction d'une face tronquée par construction d'un carré dans le même plan, puis ajustement du centre pour que ses sommets coïncident avec ceux de la face (ρ_{15}). Il s'agit en revanche d'une reproduction de forme, selon S_8 , qui relève de la visualisation iconique.
- la construction anticipée du milieu d'une face, par ajustement — et éventuellement mesure —, puis la construction d'un carré superposé à la face. Ce processus sera interprété comme relatif aux deux procédures, dans la mesure où l'ajustement permet de considérer que la source de validité est, comme pour ρ_{15} , l'identité de forme, mais où l'anticipation fait signe vers un contrôle a priori des constructions, et donc vers ρ_{25} . La référence à ces deux procédures nous permettra de considérer que ce processus relève de la seconde stratégie, et donc de la visualisation iconique, en ce qui concerne l'enjeu de la construction, mais mobilise des constructions relevant de la première stratégie, et fait donc appel à une anticipation théorique dans GII.

L'explicitation des procédures permettra ainsi de rendre opératoire l'analyse en terme de stratégies dans nos observations. Le détail des procédures indentifiées est reproduit en annexe C.2, p. 28.

4.2.7 Bilan

Il apparaît dans cette étude a priori que, en raison du choix de certaines variables et d'une consigne très large, les procédures à envisager sont très nombreuses et variées. Néanmoins, la description en opérateurs et contrôles permet des distinctions entre des procédures a priori très proches dans leur réalisation — par exemple l'intersection de deux ou trois droites, dont les interprétations diffèrent grandement. Notons en outre que cette étude révèle des possibilités de coexistences de la visualisation iconique et de la visualisation non-iconique, l'une déterminant la visée de la résolution et l'autre assurant ses modalités si le besoin s'en fait sentir.

4.3 Coplanarité

La seconde situation que nous présentons ici est profondément différente : il s'agit maintenant d'un problème de diagnostic, et non plus de construction, qui ne s'intéresse plus à la géométrie du solide, et où les stratégies sont moins nombreuses. Sans faire intervenir le déplacement, sans construction, cette situation vise à interroger l'information visuelle. À ce titre, un travail sur la figure prend sens, pour interpréter ou rechercher d'autres informations, pour établir une distinction de cas... Son apparente simplicité laisse apparaître de manière forte les problèmes relatifs à l'impression visuelle dans l'espace : indéterminations, imprécision, incapacité à contrôler des constructions ou à produire des résultats fiables...

4.3.1 Description de la situation

Contrairement à l'expérimentation précédente, qui n'avait pas pour objectif un enjeu de savoir spécifique, dans le cas présent il s'agit de faire émerger des connaissances concernant les positions relatives de droites dans l'espace, et en particulier l'existence de droites non-coplanaires.

L'énoncé, que nous avons reproduit en annexe D.1 (p. 61), demande aux élèves d'étudier des configurations de droites préalablement construites dans Cabri 3D, et de déterminer les cas où les droites se coupent. Quinze configurations sont proposées, identifiées de 1_1 à 1_8 puis de 2_1 à 2_7. Il est demandé aux élèves de déterminer les cas où les droites sont sécantes, et d'en écrire une brève justification.

Le troisième groupe de configurations (3_1 à 3_7) fait l'objet d'une consigne séparée, donnée oralement : "l'outil « plan » ayant été supprimé, déterminer dans quels cas il est possible de construire un plan *par les deux droites*". Il s'agit en fait d'identifier les droites coplanaires, seules pour lesquelles l'outil "plan" accepte deux droites comme argument.

Les objets étudiés sont volontairement "simples" : deux droites, auxquelles s'ajoute éventuellement un plan. Il est en effet indispensable que la difficulté ne provienne ni de la complexité de la configuration, ni de la complexité de la consigne, ce qui est rendu possible par les particularités de l'environnement. Des rétroactions visuelles moins riches — comme par exemple dans un environnement papier-crayon — ne permettraient pas de conclure par le seul examen visuel, et en revanche une représentation présentant moins d'aberrations — par exemple une maquette — permettrait à l'expérimentation matérielle d'apporter une réponse fiable. Cette situation est donc profondément attachée à la possibilité, dont dispose l'utilisateur, de palier certaines limites visuelles par un certain usage des outils de Cabri 3D.

De fait, la validation est ici encore laissée à la charge de l'élève et permet

de mettre en évidence différents types de résolutions, ce qui constitue bien entendu un observable précieux, mais aussi apporte à l'élève des rétroactions fortes et intelligible.

4.3.2 Variables didactiques

Nous proposons ici de faire émerger la notion de non-coplanarité, non par son énoncé, mais par l'observation du fait que l'alternative "*deux droites sont sécantes ou parallèles*" ne couvre plus tous les cas possibles dans l'espace.

Il s'agit pour les binômes de classer des configurations de deux droites données dans Cabri3D — 7 ou 8 configurations —, en fonction de critères qui varient au cours de l'activité. Plusieurs variables didactiques influent sur cette situation :

Le type de classement

Le classement qu'il s'agit d'opérer influe fortement sur les stratégies mises en jeu. Ainsi, dans un premier temps il sera demandé de déterminer les configurations où les droites se coupent. Les interprétations de cette consigne peuvent être multiples, ce qui permettra de faire émerger le travail théorique de l'échec de la visualisation iconique.

Dans un second temps, prévoir les réactions de l'outil "plan" en son absence suppose de mettre en relation la coplanarité avec l'intersection ou le parallélisme : il s'agit en fait d'établir la réciproque de la distinction de cas pertinente au cours de la première partie.

Les outils à disposition de l'élève

C'est une variable importante dans un tel environnement, et on se contentera de supprimer l'outil "plan" dans la dernière partie, et sa modélisation en sera l'enjeu.

Les informations graphiques disponibles

Cette variable est particulièrement importante, dans la mesure où interviennent à la fois une exploration graphique des configurations et des propriétés possibles, et une remise en cause de la fiabilité des informations visuelles. Elle prendra de nombreuses valeurs, telles que l'affichage d'un plan, la possibilité de voir à l'écran le point d'intersection, le fait que des droites aient l'air de se couper à l'infini, d'être parallèles. . .

Le choix de la perspective

Il serait possible de choisir une perspective cavalière, plus conforme au "su" (Parzysz, 1988), mais alors le changement de point de vue produit des impressions peu naturelles. D'autre part, la "mauvaise" prise en charge du "su" par la perspective centrale peut contribuer à déstabiliser la prégnance de l'information visuelle.

La construction des configurations

Les configurations utilisées ici ne sont pas robustes, mais leur examen met en jeu la sensibilité des outils de Cabri 3D aux déclarations. Ainsi, pour deux configurations où les droites semblent se couper à l'écran, il sera possible de créer un point d'intersection si les droites ont été créées dans le même plan, impossible si la configuration résulte d'un ajustement.

Le choix de configurations interrogeant les outils de Cabri 3D

Il existe certains cas où les comportements des outils conduisent à interroger leur fiabilité, et dans un second temps ces cas peuvent s'avérer féconds. Par exemple, Cabri 3D accepte de construire un point d'intersection de deux droites parallèles.

Les productions demandées

Demander aux élèves de *montrer, démontrer, justifier brièvement, classer* peut conditionner non seulement les productions mais aussi le type de démarche adoptée. La démonstration, en tant qu'exercice formel, n'est pas visée ici, et afin de laisser une certaine liberté — et pour permettre éventuellement à des justifications théorisées d'émerger de l'interaction avec un milieu adidactique — il sera simplement demandé de “classer, en justifiant brièvement”.

4.3.3 La coplanarité de deux droites

Un exemple : le manuel *Décllic 2^{nde}*

En seconde apparaît l'étude de la position relative de deux droites dans l'espace. L'étude de manuels (par exemple ici *Décllic 2^{nde}*) laisse apparaître le théorème suivant :

Deux droites sont soit coplanaires (sécantes ou parallèles), soit non-coplanaires.

Ce théorème tient en fait lieu de définition implicite à la coplanarité — qui n'est pas définie auparavant — et de théorème permettant de déterminer les positions de deux droites dans l'espace. Il est de plus rapidement passé sous silence, puisqu'il permet surtout de définir un plan, sans que le lien soit explicite. Le manuel propose ainsi des applications pratiques, qui sont la définition d'un plan par :

- trois points *non-alignés* (non justifié)
- une droite d , un point A hors de d
- deux droites sécantes
- deux droites d et δ strictement parallèles

Sur les 52 exercices que propose le manuel, ces applications apparaissent 14 fois, sous la forme suivante — dont le lien avec le théorème énoncé n'est pas

immédiat :

\mathcal{P} existe \iff deux droites qu'il contient sont coplanaires \iff deux droites qu'il contient sont sécantes ou parallèles

Quant à elle, l'utilisation "directe" du théorème apparaît 11 fois, sous la forme :

d et d' sont sécantes $\iff \exists A, B, C | d = (AB), d' = (AC)$

La contextualisation de ce théorème est relativement pauvre, limitée à des droites supports d'arêtes de solides, et la configuration "non coplanaire" est quasiment absente. Les limites graphiques des projections planes en papier-crayon peuvent être invoquées pour expliquer l'absence de configurations qui ne peuvent être représentées, dans ce contexte, hors de solides.

Enjeu de cette situation

Les connaissances des élèves de seconde concernant les positions relatives de deux droites proviennent de la géométrie plane : deux droites sont sécantes ou parallèles.

Il s'agit ici de faire émerger les connaissances suivantes, du point de vue mathématique :

- deux droites se coupent si et seulement si elles sont dans le même plan et qu'elles ne sont pas parallèles
- deux droites peuvent ne pas se couper sans être parallèles, et dans ce cas elles ne sont pas coplanaires
- deux droites parallèles ou sécantes sont toujours coplanaires

Du point de vue de l'activité géométrique de l'élève, il doit apparaître qu'elle ne peut pas se restreindre à l'examen purement visuel des représentations, et il s'agit de faire apparaître que :

- deux droites qui ont l'air parallèles, sécantes, non coplanaires, ne le sont pas nécessairement
- la mesure de caractéristiques doit être interprétée, et les propriétés ne peuvent en général pas être "mesurées" sur le dessin
- les rétroactions fournies par les outils de Cabri 3D peuvent donner des indications plus fiables, mais demandent un contrôle plus fort

En d'autres termes, l'exercice proposé doit pouvoir se résoudre de multiples manières, mais la validité des résolutions liées à la visualisation iconique doit faire question. Celle-ci s'appuie en particulier sur le fait qu'en géométrie plane, deux droites qui sont ostensiblement non-parallèles sont sécantes, ce qui devient faux dans l'espace.

En outre la recherche de nouveaux observables à l'aide des outils de Cabri 3D — outils de mesure, mais aussi instrumentations de primitives de construction — doit, pour être efficace, s'appuyer sur une interprétation théorique permettant de déterminer ces observables. Il s'agit donc en dernier ressort

de faire émerger la distinction de cas suivante :

- (i) les droites sont coplanaires
 - (1) les droites se coupent
 - (2) les droites sont parallèles
- (ii) les droites ne sont pas coplanaires

Ces connaissances doivent offrir une solution fiable et efficace au problème perçu par l'élève, ainsi que des rétroactions lui permettant d'en juger.

Configurations proposées

Pour cette raison, un grand nombre de configurations sont proposées à l'étude.

Les droites des sept premières configurations sont sécantes, et la seule différence réside dans leur apparence :

- dans certaines (1, 2, 3, 6), un plan est tracé : d'une part cela offre un repère visuel qui permet à la visualisation iconique de proposer une solution, d'autre part cela fait apparaître l'intérêt simplificateur du plan pour une argumentation — puisque le plan permet de s'appuyer sur la même argumentation qu'en géométrie plane. Les autres configurations présentent de fait des indéterminations visuelles plus fortes.
- dans les configurations 3 et 4, un point d'intersection est visible, bien que n'étant pas construit. La visualisation iconique permet alors de conclure aisément mais nous verrons que l'émergence d'une étude s'appuyant sur des outils de Cabri 3D peut réinterroger cette conclusion, et dans ce cas la cohérence entre l'appréhension visuelle et le l'étude instrumentée appuiera la validité de cette dernière.
- les configurations 2 et 7 désignent certaines approximations de la vision, puisque le point d'intersection est repoussé “loin de l'observateur”. Un examen supplémentaire devient nécessaire, quand bien même il ne s'agit que de changer le point de vue.
- enfin, le point d'intersection n'est plus visible dans les configurations 1, 5 et 6, ce qui désigne les limites de l'appréhension visuelle et d'une conclusion ne s'appuyant que sur elle. Deux conclusions opposées peuvent découler de l'observation : “les droites ne se coupent pas” et “les droites convergent vers un point de fuite, elles sont parallèles”. L'examen visuel ne fournit pas d'argument définitif permettant de conclure.

La première partie offre donc des configurations dans lesquelles la perception visuelle est cohérente avec la réponse valide. Il n'en est pas de même pour la seconde partie, où apparaissent beaucoup plus d'indéterminations ainsi que des configurations où l'apparence finale ne reflète pas le processus de construction — par exemple, des droites qui paraissent sécantes mais n'ont pas été construites comme telles. Dans cette partie, plus aucun plan n'est

tracé.

Ainsi, dans ce cas les cinq premières configurations ne sont pas des coplanaires, les trois dernières sont des droites sécantes, mais pourtant :

- dans les configurations 1 et 6, les droites semblent parallèles
- en outre, dans la configuration 1, les droites semblent coplanaires, sans l'être
- la configuration 7 apparaît identique à la première
- les droites de la seconde configuration semblent sécantes, alors qu'elles ne sont pas coplanaires

Il est alors nécessaire d'interroger les informations visuelles et les connaissances de la géométrie plane : certaines droites ne sont pas parallèles, mais ne paraissent pas sécantes — configurations 3, 4 et 5 —, et d'autres ont l'air sécantes mais il est impossible de construire leur intersection. . .

La dernière partie dépend d'une autre consigne : l'outil "plan" a été supprimé, et il s'agit de déterminer si les deux droites proposées seraient acceptées comme argument par cet outil. Les configurations proposées sont très proches, et diffèrent essentiellement par leur apparence visuelle : aucune intersection n'est visible à l'écran, et seules les droites des configurations 3 et 7 ne sont pas coplanaires.

4.3.4 Interprétations du problème

Selon que le sujet s'appuie sur la visualisation iconique ou la visualisation non-iconique, ici encore le problème posé donne lieu à un grand nombre d'interprétations. Nous ne nous intéresserons qu'à la première partie de la situation, pour laquelle la consigne peut se résumer ainsi : "les droites sont-elles sécantes?"

La notion de "droite" peut ici renvoyer à différents objets :

- l'objet physique matérialisé par le logiciel. La droite **est** l'objet observé et en possède donc les caractéristiques : épaisseur, position, caractéristiques physiques. . . En particulier, une telle droite n'est pas infinie.
- un objet physique représenté dans le logiciel. L'objet observé est une représentation d'un autre objet du monde matériel : si cette acception renvoie à la visualisation iconique, elle s'ancre dans GI et permet cette fois d'envisager une droite illimitée.
- un objet géométrique représenté dans le logiciel. L'interprétation renvoie ici à GII et la visualisation non-iconique.

De même, "sécantes" peut signifier :

- qu'un point d'intersection est visible à l'écran
- que les droites ne sont pas parallèles — d'après le théorème de géométrie plane —, quelle que soit l'acception de "droites"

- qu’un point d’intersection existe entre les deux objets matériels représentés, mais n’est éventuellement pas représenté par le logiciel
- que le logiciel accepte de construire un point d’intersection. Il s’agit là de l’interprétation “mécanique”, fortement attachée aux instruments employés, de cette propriété.
- que les droites représentées possèdent la propriété “être sécantes”, c’est-à-dire coplanaires et non-parallèles

Le problème posé peut donc donner lieu à six types principaux d’interprétations :

- I_{cop}^1 . Les objets présentés à l’écran ont-ils une intersection visible ?
- I_{cop}^2 . Les objets matériels représentés à l’écran ont-ils une intersection, éventuellement non-visible sur la représentation ?
- I_{cop}^3 . Les objets matériels représentés à l’écran sont-ils parallèles ?
- I_{cop}^4 . La construction d’un point d’intersection des deux représentations de droites est-elle possible dans le logiciel ?
- I_{cop}^5 . Les droites sont-elles parallèles ?
- I_{cop}^6 . Les droites représentées sont-elles coplanaires et non-parallèles ?

4.3.5 Stratégies

Les stratégies permettant de répondre à la consigne sont peu nombreuses, comparativement à la situation précédente. Il s’agira d’observer, de construire ou d’étudier les réactions de l’environnement informatique. Cependant, pour deux problèmes différents, l’interprétation des rétroactions pourra être profondément différent et deux stratégies parentes pourront conduire à des études fortement distinctes.

I_{cop}^1 .

Ce problème concerne exclusivement les objets construits dans Cabri 3D, aussi les stratégies permettant d’y répondre sont peu nombreuses.

S_1 Exploration visuelle

Dans ce cas, il s’agit de constater visuellement l’existence de l’intersection.

Rétroactions : Les indéterminations visuelles conduisent à des interprétations diverses de la même observation. Ainsi, deux droites qui semblent se toucher “dans le lointain” (par exemple la configuration 1_5) ou non-coplanaires mais très proches, peuvent indifféremment être considérées comme sécantes ou non-sécantes. Dans ce cas,

c'est l'interlocuteur qui est producteur de contradiction et révèle un déséquilibre.

S_2 **Exploration visuelle instrumentée**

Du fait des limites visuelles, l'utilisation des outils de Cabri 3D peut offrir de nouveaux observables : construction effective du point d'intersection, mesures. . .

Rétroactions : Cette stratégie peut s'avérer particulièrement efficace quand le point d'intersection est constructible et affiché à l'écran, et elle permet ainsi de lever certaines indéterminations. En revanche, elle peut aller à l'encontre de la perception quand les droites ne sont pas coplanaires mais semblent l'être (par exemple 2__2) : les deux stratégies produisent alors des résultats contradictoires.

I_{cop}^2 .

Les stratégies répondant à ce problème sont plus nombreuses, dans la mesure où il doit devenir possible de déterminer l'existence, ou non, d'un point d'intersection hors du visible. Ici encore, des difficultés seront liées à l'incohérence de la sensation visuelle et d'autres stratégies.

Ce problème permet en outre d'envisager le cas où "une droite passe sous l'autre" : si la coplanarité n'est pas nécessairement envisagée, il s'agit d'un cas de droites non-parallèles ne se coupant pas.

S_3 **Reconnaissance visuelle d'une forme**

Il s'agit ici de reconnaître une forme mettant en jeu deux droites. L'examen analogique des objets est privilégié : observation directe d'un point d'intersection, reconnaissance de la forme de droites sécantes. . .

Rétroactions : Comme pour S_1 , cette stratégie suppose la fidélité de l'impression visuelle, et à ce titre la même observation peut donner lieu à plusieurs interprétations contradictoires. La confrontation à un interlocuteur est ici encore productrice de rétroactions mettant en cause ce type de stratégie.

S_4 **Séparation matérielle de droites**

La propriété — physique — considérée est ici la suivante : si deux droites ne se coupent pas, sécantes ou "l'une sous l'autre", il est possible de placer un objet entre elles. Cette stratégie consistera à émettre une hypothèse selon laquelle les droites ne se coupent pas, puis à matérialiser un objet les séparant. L'hypothèse d'intersection pourra être validée par une autre stratégie.

Rétroactions : Étant donné le faible contrôle géométrique d'une telle stratégie, la construction d'un objet séparant les droites est essentiellement contrôlée visuellement. Dans ce cas l'invalidation proviendra essentiellement des limites visuelles, pour placer cet objet, mais aussi pour qu'un tiers juge la construction concluante.

S_5 Mesure de la distance séparant les droites

L'examen des formes matérielles peut s'appuyer sur des mesures : si les droites se coupent, leur distance est nulle.

Rétroactions : Ces stratégies ne permettent pas de dépasser l'approximation inhérente à la précision des outils de mesure. Ainsi, il est possible — par exemple par changement d'échelle — d'observer des droites séparées d'une distance nulle (Fig. 4.3), et les observations visuelles ne sont alors pas cohérentes avec les rétroactions émanant de la mesure.

 S_6 Réactions de l'environnement informatique

Cette stratégie, qui permet de s'affranchir des limites visuelles liées aux modalités de représentations consiste à s'appuyer sur les outils de Cabri3D pour fabriquer des instruments "oracles" permettant de déterminer la présence ou l'absence de propriétés. Par exemple, l'outil "point d'intersection" peut ne plus servir à construire directement ce point, mais à observer si les deux droites en sont acceptées comme argument.

Rétroactions : Outre l'incohérence de certains résultats avec les observations visuelles, comme pour S_2 , l'interprétation de phénomènes observés dans l'environnement peut elle-aussi différer selon les individus. Ainsi, si l'outil "point d'intersection" accepte deux droites comme arguments, il peut en être conclu que les droites sont sécantes — c'est l'interprétation la plus immédiate — ou qu'elles sont coplanaires — le fonctionnement réel du logiciel. Dans ce cas, le problème est déplacé : il ne s'agit plus de déterminer les caractéristiques des droites, mais de s'accorder sur le fonctionnement du logiciel, ce qui ne concerne alors plus des objets matériels.

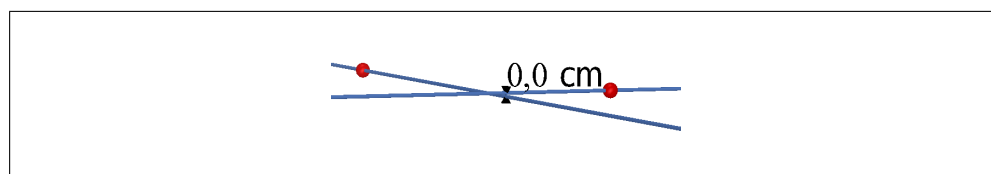


FIGURE 4.3 – Droites non-coplanaires de distance nulle

 I_{cop}^3

Le problème est ici de déterminer si des droites, objets matériels de l'espace, sont parallèles. Nous considérons à part ce problème, car c'est par lui que peut émerger la non-coplanarité. Lorsqu'il s'agit de déterminer si deux droites se coupent, des droites coplanaires ne sont pas problématiques : elles ne se coupent pas — c'est une évidence visuelle — donc elles sont "parallèles", non par reconnaissance de cette propriété mais par exclusion de l'autre

alternative, en vertu du théorème de géométrie plane. S'il s'agit de conclure que deux droites parallèles, une telle configuration est plus problématique puisque l'évidence visuelle indique que les droites ne sont pas parallèles mais qu'elles ne sont pas non plus sécantes. La distinction de cas de la géométrie plane n'est de fait plus exhaustive.

*S*₇ **Observation du parallélisme**

Cette stratégie consiste à reconnaître que les droites sont parallèles, soit qu'elles le semblent directement, soit qu'elles ressemblent à une configuration dont les droites sont réputées parallèles.

Rétroactions : Ici encore, c'est la qualité de l'impression visuelle qui fait question, et l'interprétation qui leur est associée peut différer entre les deux élèves du même binôme sans qu'une argumentation soit possible.

*S*₈ **Mesure du parallélisme**

Comme pour l'intersection, la mesure peut renforcer la fiabilité des impressions visuelles. Il s'agit ici, comme cela serait réalisé sur un dessin de déterminer si les deux objets sont effectivement parallèles. Cela peut faire appel à des connaissances de géométrie plane — *deux droites perpendiculaires à une même troisième...*, configuration de parallélogramme... —, mais l'enjeu reste l'objet matériel et la signification des mesures n'est pas interrogées outre mesure.

Rétroactions : La validité des mesures peut être mise en défaut, éventuellement par l'intervention de l'enseignant. Par exemple, une droite peut être ostensiblement déplacée tandis que son angle avec un plan donné reste égal à 90°. En outre, la validité des mesures réalisées peut être discutée au sein d'un même binôme, aussi à des fins d'argumentation l'enjeu peut devenir l'interprétation des mesures.

*S*₉ **Processus constructif**

Cette stratégie est profondément différente dans puisqu'elle ne consiste plus en une recherche d'informations, mais en la validation d'une hypothèse initiale par construction.

Rétroactions : Le défaut d'une telle stratégie tient en la capacité à affirmer l'identité de deux objets, qui repose essentiellement sur l'observation, et reste soumise aux limites de l'observation visuelle dans Cabri 3D.

*I*_{cop}⁴.

Ce problème est différent dans la mesure où il ne s'intéresse plus à des objets matériels représentés dans Cabri 3D, mais à des objets géométriques dont les caractéristiques sont essentiellement définies par une opération de construction. De fait, les stratégies mises en œuvre reposent essentiellement sur des procédés constructifs.

Il faut signaler que si le déroulement des observations effectuées peut permettre de rechercher des réponses à divers problèmes, tant $I_{cop.}^2$ que $I_{cop.}^6$, c'est l'interprétation de ces observations qui sera réellement spécifique. Ne s'agissant plus de l'observation de caractéristiques physiques, il devient possible de s'affranchir de certaines observations — un point d'intersection qui n'apparaît peut alors exister néanmoins —, et de distinguer les propriétés métriques des propriétés de construction — et par exemple distinguer un angle de 90° d'un angle droit. Dans le même temps, le travail sur la figure n'est pas nécessairement présent, et certains outils théoriques ne sont pas disponibles pour interpréter des observations ou élaborer des processus de résolution.

S_{10} Réactions de l'environnement informatique : test d'intersection

Cette stratégie est très similaire à S_6 , à la différence qu'elle n'est pas dirigée vers la réalisation matérielle d'actions mais vers le fonctionnement des outils disponibles. Ainsi, dans S_6 , l'outil “point d'intersection” permettait d'observer indirectement une construction : si l'outil est utilisable, cela signifie que le point est créé mais est éventuellement “hors de vue”. Dans la présente stratégie en revanche, le fonctionnement interne de l'environnement prime, et ainsi la même observation signifie que les droites sont sécantes *ou parallèles*.

Rétroactions : Ici encore, c'est l'interprétation des rétroactions émanant de l'environnement informatique qui peut faire problème. Celle-ci peut s'effectuer par essai-erreur, et offrir une source de certitude toute relative, en particulier pour une argumentation ou une justification.

S_{11} Mesures : séries d'obstructions

La dernière stratégie qu'il faut envisager propose un renversement de point de vue : sauf dans le cas particulier où les droites ont l'air confondues, qui ne se présentent pas ici, la distance mesurée entre deux droites parallèles est strictement positive. La mesure de distance permet donc de séparer deux familles de configurations :

- les droites “sécantes ou non-coplanaires” : la distance est nulle
- les droites “parallèles ou non-coplanaires” : la distance est strictement positive

Le premier cas peut alors donner lieu à un test visant à construire le point d'intersection, le second à la validation — par exemple par une mesure d'angles — du parallélisme. Il est notable que dans ce cas, la distinction de cas est guidée essentiellement par les outils de l'environnement, et que la propriété de non-coplanarité n'est pas nécessairement formulée : elle n'existe dans les deux familles que par l'exclusion des cas connus, et est “le cas qui ne marche pas”. Rien ne garantit d'ailleurs que ces deux cas défavorables soient identifiés l'un à l'autre par l'élève.

Rétroactions : Cette stratégie offre des conclusions valides, et ne souffre que d'un défaut d'interprétation des cas défavorables, qui peut être problématique du point de vue de la communication.

I_{cop}^5 .

Ce problème s'intéresse aux objets géométriques, et non plus à des objets matériels. Le parallélisme est envisagé comme la seule alternative à l'intersection, et ainsi ce problème repose sur la propriété de géométrie plane selon laquelle deux droites sont parallèles ou sécantes. C'est relativement à cette connaissance qu'il faut interpréter les stratégies et les rétroactions afférentes à ce problème.

S_{12} **Test de parallélisme par recherche de codage spécifique**

Cette stratégie s'appuie sur une instrumentation différente des outils de mesure : outre des mesures métriques, ceux-ci sont en mesure de signaler des propriétés géométriques liées à la construction. Par exemple, un angle de 90° ne présente pas signe distinctif, tandis qu'un angle qui a la propriété — géométrique et de construction — d'être droit est signalé par un codage spécifique (Fig. 4.4). Une telle instrumentation suggère une distinction opérée par le sujet entre les propriétés métriques des représentations et les propriétés géométriques représentées.

Rétroactions : Ici encore, ces stratégies traduisent un travail portant sur la figure, mais qui s'inscrit dans la géométrie plane. Ainsi, si les observations effectuées sont moins sujettes à contestation — par exemple pour identifier une orthogonalité —, les conclusions peuvent ne pas être cohérentes avec certaines évidences visuelles.

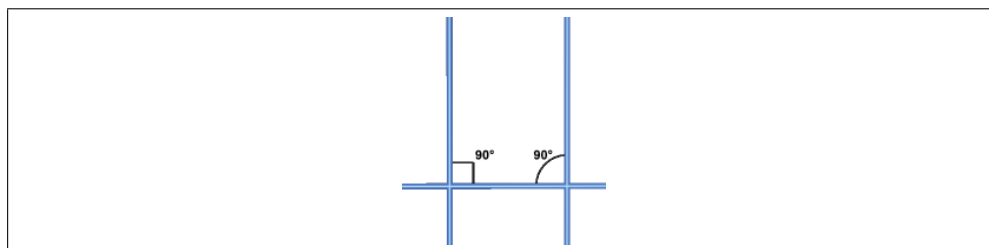
S_{13} **Test de parallélisme par construction**

Une réponse à ce problème peut enfin être envisagée par la construction de configurations incluant les deux droites et assurant leur parallélisme : parallélogramme, cube... Cette stratégie ne repose pas nécessairement sur une déconstruction dimensionnelle, mais sur l'identification de configurations pertinentes relativement au problème posé dans la mesure où elles sont porteuses de propriétés spécifiques.

Rétroactions : De telles stratégies ne permettent que de montrer la coplanarité — par construction d'un polygone s'appuyant sur les deux droites —, mais les modalités de constructions de polygones ou polyèdres dans Cabri 3D ne permettent pas aux deux droites d'être les arguments d'une telle construction.

I_{cop}^6 .

Ce problème repose sur la possibilité d'envisager que les droites ne soient pas contenues dans le même plan, et que dans le cas contraire les théorèmes

FIGURE 4.4 – Un angle de 90° et un angle droit.

de géométrie plane s'appliquent. La stratégie proposée empruntera donc aux stratégies précédentes, mais les conclusions tirées des mêmes observations seront différentes.

S_{14} Réactions de l'environnement informatique : tests successifs

Cette stratégie diffère des précédentes (S_6 , S_{10} , S_{13}) dans la mesure où elle prend en compte que les droites peuvent ne pas être coplanaires et distingue les propriétés métriques des propriétés géométriques. Il s'agit donc dans un premier temps de s'assurer par l'utilisation d'outils de Cabri 3D que les droites sont coplanaires — à l'aide du pointeur, de l'outil “point d'intersection”. . . —, ce qui ne fait pas appel à des outils de mesure. Cette partie de la stratégie sera proche de S_{13} , mais se concentrera sur la coplanarité. Dans un second temps, et en cas de coplanarité, il faut se prononcer sur le parallélisme des droites, et dans ce cas c'est la recherche de codage (S_{12}) qui s'applique.

Rétroactions : Cette stratégie offre des conclusions fiables, dès que certaines caractéristiques de l'environnement sont correctement interprétées par rapport aux anticipations géométriques de l'élève. À titre d'exemple, il faudra observer que l'outil “point d'intersection” permet en réalité de réaliser un test de coplanarité, puisqu'il accepte comme argument deux droites coplanaires. L'enseignant pourra jouer un rôle en ce sens.

4.3.6 Opérateurs et contrôles

Ici encore, il nous faut définir un certain nombre d'opérateurs et contrôles qui seront spécifiques de cette situation, et sont respectivement désignés par r_{cop}^k et σ_{cop}^k (annexes B.1 et B.2).

Opérateurs

Les trois opérateurs supplémentaires, spécifiques de cette situation, sont liés à l'instrumentation du pointeur de la souris envisagé comme un artefact : faire apparaître des informations relatives à un objet ou à l'existence d'un point d'intersection, et observer la possibilité de sélectionner simultanément

deux droites — qui sont alors jugées sécantes.

Ces opérateurs sont plus spécifiques d'un contexte d'utilisation — recherche d'un point d'intersection — que d'un type de résolution, qu'il faudra rechercher dans les contrôles permettant l'interprétation des phénomènes observés.

Contrôles

En revanche, cette situation fait intervenir de nombreux contrôles fortement liés aux différents problèmes auxquels l'énoncé peut donner lieu.

Il s'agit tout d'abord de contrôles permettant un examen de forme : identifier des droites sécantes, confondues, séparées par un objet tiers. . .

Les contrôles relatifs aux mesures de caractéristiques que nous envisagerons sont de deux nature.

Il peuvent permettre d'interpréter des mesures de distance ou d'angles en termes de propriétés physiques (σ_{cop}^8 à σ_{cop}^{11}). Dans ce cas, l'intersection ou le parallélisme sont des propriétés reliant deux droites.

Il peut aussi s'agir de s'appuyer sur des configurations assurant certaines propriétés et permettant un examen métrique, comme l'inclusion des deux droites dans un parallélogramme dont il est possible de mesurer l'égalité des côtés opposés (σ_{cop}^{14} ou σ_{cop}^{15}). Notons que ces contrôles supposent l'emploi de contrôles supplémentaires permettant de garantir les propriétés métriques de certaines configurations.

Les propriétés relatives à la construction d'objets sont relativement peu employées, dans la mesure où cette situation laisse peu de place à des opérations de construction. Les trois contrôles identifiés permettent en réalité d'interpréter les réactions du logiciel relativement au caractère constructible d'objets dont l'existence est postulée : construction d'un point d'intersection, ou impossibilité de construire un plan *par deux droites données*.

Enfin, les contrôles provenant de la déconstruction dimensionnelle sont plus nombreux : ils découlent principalement de propriétés concernant la position relative de droites — distinctions de cas, parallélisme, etc. — ou de contraposées de telles propriétés offrant des obstructions — par exemple permettant d'affirmer qu'une distance positive entre deux droites rend impossible leur intersection.

4.3.7 Procédures

Comme précédemment, le détail des procédures attachées aux différentes stratégies sera reproduit en annexe (D.3, p. 65). À titre d'exemple, signalons tout de même que ces procédures permettront notamment de mettre en évidence l'évolution, dans le cadre d'une même stratégie, du contrôle des

constructions par déconstruction instrumentale. Ainsi on peut mentionner les procédures ρ_1 et ρ_2 , relevant toutes deux d'une mesure du parallélisme. Il s'agit donc de mesurer l'écart entre les droites selon une direction donnée, et de juger de sa variation.

Dans le premier cas, la direction selon lesquelles sont prises les mesures est contrôlé visuellement, et donne donc lieu à une très forte approximation.

Dans le second, la construction de droites parallèles assure ce contrôle : si la finalité est identique et concerne toujours la mesure, une déconstruction instrumentale est employée pour traiter un sous-problème de construction. Nous verrons par la suite que si ces procédures relèvent de la même stratégie, l'émergence locale de la déconstruction instrumentale peut être significative dans une perspective d'émergence de la visualisation non-iconique.

4.3.8 Bilan

Le détail des procédures destinées à juger du parallélisme de deux droites révèle tout d'abord plusieurs lectures possibles de la situation, qu'on peut imaginer se succéder en raison des rétroactions apportées par l'environnement.

Ainsi, les procédures les plus "simples" — essentiellement basées sur l'impression visuelle : ρ_1 , ρ_4 , ρ_{10} , ρ_{11} — sont extrêmement efficaces puisqu'elles permettent de décider immédiatement de l'existence ou non d'intersection. En revanche, elles conduisent à des interprétations diverses des configurations observées, sans permettre d'argumenter pour défendre un point de vue. L'instrumentation d'outils de Cabri 3D permet de résoudre certaines de ces difficultés, soit par la construction du point d'intersection (ρ_2 , ρ_3 , ρ_5 , ρ_6 , ρ_7), soit par la mesure des caractéristiques physiques des objets (ρ_8 , ρ_{12} , ρ_{13} , ρ_{14}). Ce recours à des instruments pour pallier les déficiences visuelles engage, pour ce qui concerne les constructions, une ébauche de déconstruction instrumentale qui reste cependant au service de la visualisation iconique. Dans les deux cas, il devient en revanche nécessaire d'interpréter les rétroactions fournies par l'environnement pour rendre ces procédures fiables et efficaces : possibilités de construction ou grandeurs numériques doivent être interprétées pour ne pas conduire à des résultats aberrants. En ce sens, cette interprétation devient un problème annexe qui ne concerne plus directement les objets matériels, mais les mécanismes de fonctionnement des outils.

Cette étude permet dans un troisième temps de s'affranchir de la réalisation effective de construction ou de mesures, et les réponses sont recherchées dans les réactions des outils (ρ_9 , ρ_{15} , ρ_{16} , ρ_{17} , ρ_{18} , ρ_{19} , ρ_{20}). Si une déconstruction instrumentale est ici engagée, le contrôle de son bien fondé fait toujours question, et certaines interprétations contradictoires peuvent apparaître. Dans le même temps, l'utilisation des outils de Cabri 3D devient un indicateur privilégié, conduit à distinguer les différents cas possibles, et de fait permet une formalisation de la non-coplanarité.

ρ_{21} est alors une procédure privilégiée, efficace et permettant de résoudre toutes les indéterminations.

L'évolution que nous mentionnons suit notre hypothèse d'émergence d'une déconstruction instrumentale tournée vers la visualisation iconique dans un premier temps, puis faisant appel à des considérations plus théoriques à des fins de contrôle. On peut remarquer à ce titre que les procédures reposant sur un contrôle plus ou moins empirique de la déconstruction instrumentale sont les plus nombreuses, et que certaines sont très similaires bien que répondant à des problèmes portant sur des objets différents.

4.4 Reconstruction d'un prisme

Cette dernière situation est très similaire à celle que nous avons présentée dans le second chapitre (2.2, p. 63), dont elle se différencie cependant par plusieurs aspects.

D'un point de vue pratique en premier lieu, puisque l'expérimentation s'effectue en classe et non plus en laboratoire, ce qui contraint fortement sa durée. En outre, à la figure initiale du prisme rhombique s'ajoutent deux nouvelles figures, afin de mieux isoler les groupes d'élèves et de limiter autant que possible un effet de "contamination" entre des groupes voisins.

Il faut de plus signaler que dans l'exemple précédent, les élèves n'avaient aucune expérience du logiciel, tandis que dans le cas présent ils y ont déjà consacré trois heures, ce qui peut affecter leurs stratégies ainsi que les difficultés rencontrées.

Plus encore que dans la situation précédente, l'objectif est ici d'étudier la possibilité d'une évolution, aboutissant à un travail ancré dans GII, et où la déconstruction instrumentale joue un rôle central. La situation précédente permettait de mettre en défaut la fidélité des observations purement visuelles, et de faire émerger la pertinence d'un usage fortement contrôlé des outils de Cabri 3D. Cela prend une dimension forte pour la reconstruction de prismes, où interviennent l'étude et la production de propriétés résistantes au déplacement.

4.4.1 Description de la situation

Nous renvoyons pour l'essentiel de la description à celle qui est faite page 63. Ici encore, une construction est proposée aux élèves dans Cabri 3D, ainsi qu'un fichier destiné à une reconstruction du prisme proposé. La validation reste dévolue au binôme, et repose essentiellement sur le comportement des objets quand sont déplacés trois points.

Il faut néanmoins mentionner la variation du motif de base entre les groupes. Proposer le même objet à des binômes voisins présente un fort risque de “contagion”, aussi trois motifs ont été proposés afin de limiter cet effet (sans toutefois l’exclure totalement) :

- (i) le prisme rhombique utilisé initialement
- (ii) un prisme dont la base est un cerf-volant. La construction est similaire au losange, excepté que le quatrième sommet de la base, au lieu d’être le symétrique du point A par rapport au point O , est le milieu du segment $[AO]$.
- (iii) un prisme à base parallélogramme

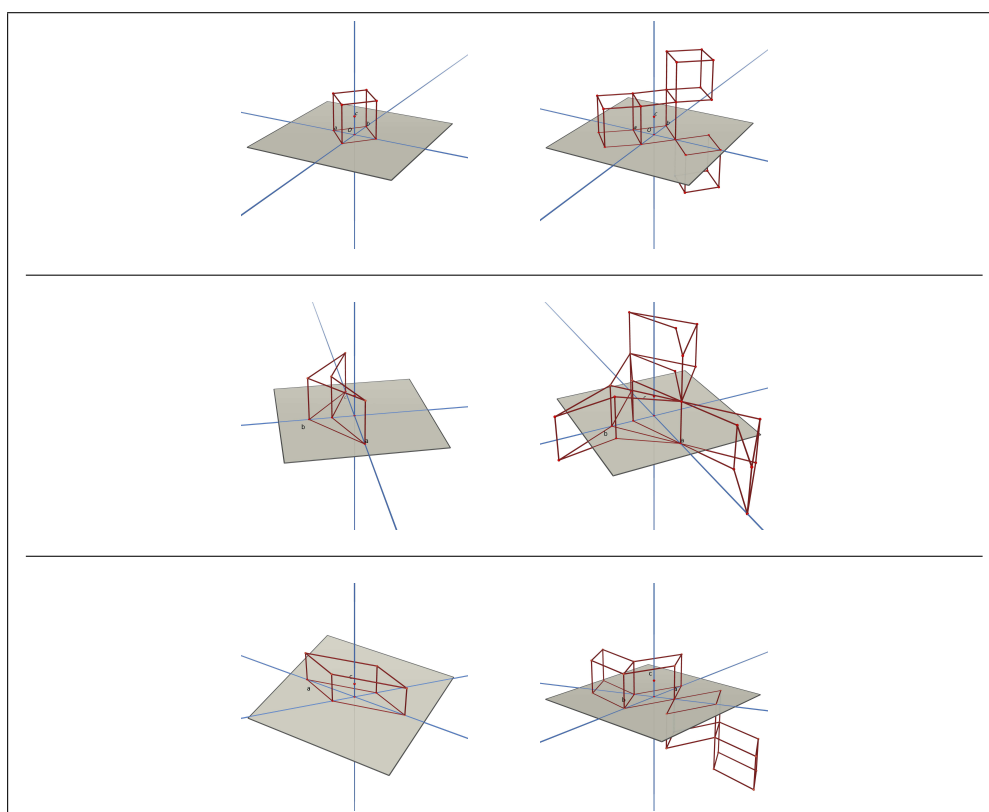


FIGURE 4.5 – Prismes à base losange, cerf-volant et parallélogramme : étapes 1 et 4

Les conditions matérielles ne permettant pas de séparer les élèves d’un même groupe, ni de les faire travailler sur deux ordinateurs distincts, ceux-ci occupent désormais le même rôle. La première expérimentation avait permis d’observer les deux configurations, puisque les rôles étaient initialement distincts mais que l’examen de l’objet masqué conduisait rapidement à une étude conjointe, et les différences étaient suffisamment minimales pour considérer que l’étude et la reconstruction pouvait être assurée simultanément

par les deux élèves.

Enfin, la consigne demande aux binômes de réaliser une description des reconstructions qu'ils effectuent, suffisamment précise pour permettre à un autre groupe qui ne connaîtrait pas la consigne de la reproduire.

4.4.2 Enjeu de la situation

L'enjeu de cette situation est relativement vaste en termes de savoirs mathématiques, puisque le travail demandé va essentiellement reposer sur une dualité entre propriétés, qui assurent la mise en relation des unités figurales, et transformations, qui permettent de les reproduire. Ces transformations ont donc un rôle central, du fait de leur rapport avec ces propriétés, et par la difficulté que peut représenter leur extrapolation à l'espace.

Au delà, ce travail vise avant tout à faire émerger l'intérêt de la déconstruction dimensionnelle dans le travail géométrique, pour analyser des phénomènes et les reproduire, et pour articuler le travail sur la figure avec des considérations plus pratiques concernant la construction. La conservation de propriétés lors du déplacement, propre à la géométrie dynamique, joue ici un rôle crucial.

4.4.3 Variables didactiques

Les variables didactiques centrales dans cette situation permettent d'influer sur des rétroactions relatives aux constructions. Cela affecte la nature de l'objet construit, les propriétés pertinentes pour cette construction, et les moyens dont dispose l'élève. En outre il est nécessaire de contrôler au mieux la possibilité d'évolution des stratégies mises en œuvre, et d'inscrire cette évolution dans des tâches de difficulté croissante mais néanmoins similaires.

L'objet représenté

Sa nature importe puisque si il est trop familier — par exemple un cube — l'analyse et la reconstruction risque de se limiter à une confrontation de connaissances concernant une *configuration de base*², et si il est trop complexe — par exemple un dodécaèdre — il est fort possible que très peu d'élèves puissent même chercher une quelconque solution. Une certaine régularité aura en outre des vertus relatives aux possibilités de construction, et le choix des trois prismes — rhombique, à base cerf-volant ou parallélogramme — cherche à répondre à ces exigences.

2. Parmi [les] configurations, certaines sont désignées par "configurations de bases", dont le rôle dans la résolution de problème, est souligné par A. Robert (1995, p. 26) : *De plus, certaines configurations très fréquentes et ayant des propriétés remarquables sont quelquefois appelées 'configurations de base' pour souligner l'importance de les reconnaître dans des figures plus compliquées, les propriétés devant leur être 'automatiquement associées'*. (Chaachoua, 1997, p. 37)

Le type de construction

Pour mettre l'accent sur les propriétés de l'objet géométrique et leur lien avec les transformations, il est essentiel que la construction résiste au déplacement, et dépende d'un nombre restreint d'unités figurales. Le déplacement de ces dernières pourra servir à la fois à l'analyse et à la validation.

Nous utiliserons ici l'origine et les axes du repère proposé dans Cabri 3D, deux points (A et B) libres sur les axes qui seront deux sommets consécutifs de la base, et un troisième point (C) libre sur le troisième axe, centre de symétrie du prisme. Ces axes et points sont fournis comme base de reconstruction.

Le type de validation

Le type de validation demandé est une variable importante : production écrite, *démonstration*, conviction de l'élève. . .

Nous avons choisi de considérer la recherche d'une certitude suffisante à la charge de l'élève. C'est lui qui doit définir si sa construction est correcte, relativement à une contrainte explicite de résistance au déplacement : *l'objet produit et le modèle doivent avoir le même comportement quand on déplace les points A, B, C* De fait, plusieurs tentatives de validation peuvent apparaître — identité de formes, de mesure, de propriétés. . . —, et être confrontées à cette contrainte : l'identité de formes n'en rend pas compte, à l'inverse de l'identité de propriétés.

Les outils disponibles

Il est possible dans Cabri 3D de supprimer certains outils du menu de l'utilisateur, pour contraindre ses possibilités d'action.

Ici, les déconstructions étant un enjeu majeur de cette situation, il semble important de ne pas laisser à disposition des outils prenant en charge trop de parties de la reconstruction. Nous avons supprimé les outils "prisme" et "polyèdre convexe".

Le type de représentation

Nous émettons l'hypothèse que les choix de représentations influent sur les unités figurales auxquelles s'attache la déconstruction. Ici, afin que les transformations employées soient des transformations planes — plongées dans un espace à trois dimensions — il semble pertinent de s'appuyer sur des unités figurales 0D/3D (points) et 1D/3D (droites, segments. . .) uniquement ; et alors les faces ne seront pas représentées. Cela permet en outre de souligner l'articulation entre elles des unités figurales et de limiter l'aspect "solide" des objets.

Ce choix de représentation nous conduit à émettre l'hypothèse que les points seront largement privilégiés dans cette activité, tant qu'il s'agira d'agir par la manipulation directe sur les unités figurales.

Les transformations employées

Les élèves ne connaissent pas les transformations dans l'espace, et

dans leur cursus ils ont rencontré essentiellement les isométries du plan. La contextualisation inhabituelles des transformations que nous proposons doit donc proposer des transformations simples, et c'est pourquoi nous avons choisi les symétries — centrale, axiale, et plane.

La répétition

Margolinas (1993) souligne que la répétition “rend [l'élève] de plus en plus conscient de ce qui le pousse à agir”. Nous souhaitons ici étudier l'évolution du traitement par les élèves d'activités fortement similaires, ce qui offre la possibilité, dans le même temps, pour l'élève de rééditer, et corriger, des stratégies qu'il vient d'élaborer — en limitant le risque de lassitude qui pourrait advenir au bout d'un nombre important de tentatives sur le même exercice —, et du point de vue de l'observation d'étudier les changements qui peuvent se produire, dans le cas qui nous intéresse au niveau de la déconstruction instrumentale et de la déconstruction dimensionnelle.

Le fichier de reconstruction

Pour chaque phase de l'activité, un nouveau fichier est fourni dans lequel sont présents des objets nécessaires à la construction et, masqué, l'objet à reconstruire. Il aurait été possible, et peut-être moins fastidieux pour l'élève, de proposer pour chaque étape n le résultat de l'étape $n-1$. Le choix de ne donner que le repère (O, Ox, Oy, Oz) permet d'accentuer rapidement les différences d'efficacité entre les types de construction. Si la différence entre l'ajustement et les transformations n'est pas nécessairement criante au cours de la première phase, la nécessité de reproduire cette construction pour les étapes 2, 3 et 4, avant toute autre construction, la met en exergue de manière beaucoup plus forte.

4.4.4 Interprétations du problèmes

Dans le cas présent l'enjeu est de reproduire un solide que l'élève a lui-même identifié et analysé, et les différentes appréhension du dessin s'avèrent très pertinentes. La mention des propriétés dynamiques dans l'énoncé n'intervient “que” pour la validation, et nous pouvons supposer qu'il ne sera pas nécessairement au cœur de la construction, à plus forte raison lorsque l'élève ne sera pas capable d'interpréter ces propriétés a priori.

L'énoncé demande donc de reproduire un objet en s'appuyant sur un certain nombre d'objets initiaux (trois droites et trois points), et la distinction de différentes interprétations repose donc sur la nature de cet objet : ce qu'il est, ce qu'il représente, sa construction, les propriétés qu'il vérifie. . .

Les quatre types d'approches proposées par Duval (2005) offrent quatre types d'objets :

- pour le botaniste, il s’agit d’un objet matériel caractérisé par sa forme générale. Il est donc question de reproduire une forme en conservant certaines régularités.
- pour l’arpenteur-géomètre, l’objet matériel est en outre déterminé par ses mesures, et alors le problème inclut la reproduction de grandeurs.
- pour le constructeur, l’objet étudié est le résultat d’un processus de construction qui le définit. Dans ce cas, il faut déterminer les effets notables de cette construction et parvenir à les reproduire. Cela pourra en particulier mener à une vision mécanique des dépendances entre unités figurales.
- pour l’inventeur-bricoleur enfin, l’objet est un représentant de l’objet géométrique dont il convient de déterminer les propriétés constitutives qui doivent être reproduites.

Ainsi, l’énoncé pourra principalement donner lieu à quatre interprétations du problème :

- I_{cons}^1 Reproduire la forme de l’objet présenté.
- I_{cons}^2 Reproduire la forme et les dimensions de l’objet présenté.
- I_{cons}^3 Reproduire le procédé de construction ayant engendré les propriétés observées.
- I_{cons}^4 Reproduire les propriétés géométriques régissant l’objet observé.

4.4.5 Stratégies

Les stratégies permettant de répondre à ces problèmes sont peu nombreuses, et c’est en réalité leur mise en œuvre — via les procédures — qui donnera lieu à une plus grande diversité.

Les prismes proposés étant peu différents, nous ne distinguerons pas les stratégies en fonction de l’objet d’étude. De même, la résolution varie très peu entre les quatre phases de l’activité, aussi ces stratégies s’appliqueront indifféremment à chacune d’entre elles.

I_{cons}^1

Ce problème est exclusivement lié à la forme de l’objet reconstruit, et à ce titre une résolution ne peut s’envisager que par ajustement de la position des objets, dans l’espace, ou sur un support. L’hypothèse que nous avons formulée p. 174 nous conduit à privilégier l’ajustement de points.

Bien entendu, aucune de ces stratégies ne permet de produire les propriétés résistantes au déplacement attendues.

S_1 Ajustement de la position des sommets dans l’espace

Cette première stratégie consiste à reproduire une forme par ajuste-

ment dans l'espace de la position des sommets, puis tracé des arêtes.

Rétroactions : Comme nous l'avons déjà remarqué, ce type de stratégie est extrêmement coûteux en raison de la difficulté à positionner un point à une position donnée de l'espace, et est pour la même raison très peu fiable. Aussi nous pouvons considérer que cette stratégie sera très rapidement abandonnée.

S_2 **Ajustement de la position des sommets sur des supports plans**

Afin d'offrir un meilleur contrôle de la position des sommets, cette stratégie consiste à construire les plans supports des bases, soit directement, soit par l'outil "plan parallèle"³. Avant l'ajout des arêtes, l'ajustement de la position des sommets peut alors s'effectuer sur ces supports bidimensionnels, et est d'un contrôle plus aisé.

Rétroactions : Ici encore, le coût d'une telle construction demeure élevé, et si la fiabilité du positionnement est meilleure elle reste imparfaite. En particulier, la bonne superposition des faces inférieures et supérieures est délicate à assurer.

S_3 **Ajustement de la position des sommets sur des droites**

Enfin, l'ajustement sur des droites peut s'avérer plus efficace. Les droites sont celles du repère initialement présentes, et les droites portant les arêtes verticales — ici encore, ajustées ou construites à l'aide de l'outil "perpendiculaire".

Rétroactions : La construction de droites verticales permet de résoudre certains problèmes, mais reste globalement approximative.

S_4 **Ajustement de supports et intersection**

Cette stratégie consiste à combiner S_2 et S_3 : les sommets d'une base sont ajustés, la construction d'un plan parallèle permet de contrôler le caractère plan de la face supérieure, et les supports d'arêtes permettent de construire les sommets manquant par intersection. La validation s'opère par identité de formes.

Nous considérons que cette reconstruction ne relève pas de I_{cons}^3 car la construction de parallèles ou de perpendiculaires ne servent que la reproduction d'une forme, comme en témoigne l'ajustement de leurs positions respectives. S'il est possible qu'une déconstruction instrumentale s'engage, elle demeure néanmoins assujettie à cette vision "botaniste".

Rétroactions : Cette stratégie s'avère bien plus efficace et fiable que les précédentes pour la première étape. Il n'en va plus de même pour les étapes suivantes, où la construction d'une première base repose sur

3. En raison de la familiarité du parallélisme et de l'orthogonalité, en outre déjà utilisés dans la situation précédente, nous considérons que l'utilisation de ces outils ne traduit pas une déconstruction instrumentale dans la mesure où la construction reste ajustée. Ainsi, dans le cas présent la hauteur du plan parallèle construit sera décidée visuellement, et l'outil est au service de la production d'une forme.

S_2 ou S_3 et souffre des mêmes défauts.

En outre, si les contraintes dynamiques exigées ne sont toujours pas respectées, l'usage de primitives géométriques “lie” la position de sommets — par exemple ceux portés par la même droite verticale — et peut faire apparaître une première manière de produire des propriétés résistantes au déplacement.

I_{cons}^2

Les stratégies permettant d'envisager une résolution de ce problème sont très similaires aux précédentes. Nous avons pourtant choisi de les distinguer car si leur mise en œuvre est proche, les rétroactions sont très différentes puisque la mesure permet d'assurer plus efficacement certaines propriétés liées à la forme. C'est ici essentiellement la résistance au déplacement qui sera problématique.

En revanche, la position d'un point dans l'espace étant délicate à repérer à l'aide d'instruments de mesure, nous ne considérerons pas l'ajustement dans l'espace.

S_5 Ajustement mesuré de sommets sur des supports plans

Cette stratégie consiste, comme pour S_2 , à construire un plan support d'une face et d'y placer les sommets. Ceux-ci sont d'abord créés, puis les arêtes, et enfin la mesure permettra de déplacer les sommets jusqu'à reproduire une mesure de référence.

Une seule distance permettant un contrôle approximatif d'une position dans le plan, l'ajustement d'un sommet s'appuiera sur deux longueurs — par triangulation — ou sur une mesure d'angle.

Rétroactions : Si le contrôle est approximatif, cette stratégie peut permettre un positionnement correct des sommets. En revanche, elle ne permet pas d'assurer que deux faces sont positionnées l'une sous l'autre, et elle ne prend pas en charge les propriétés dynamiques.

S_6 Ajustement mesuré de sommets sur des droites

Ici encore, il s'agit d'ajouter à S_3 le repérage par la mesure, qui s'avère très efficace et précis — relativement à l'exigence portée par I_{cons}^2 — sur une droite.

Rétroactions : D'une part, si cette construction est relativement fidèle elle peut devenir fastidieuse, notamment quand la quantité de constructions à effectuer augmente. En outre, elle ne permet pas non plus de reproduire toutes les propriétés résistantes au déplacement, quand bien même une droite permet de lier le mouvement de deux sommets selon une direction orthogonale à cette droite.

S_7 Ajustement mesuré de supports et intersections

Comme précédemment, cette stratégie consiste à procéder à des ajustements contrôlés par la mesure pour construire une première base, puis

ajuster un second plan à la bonne hauteur, et construire la seconde base par intersection avec des droites verticales. La validation est assurée par l'identité de formes et de mesures, mais la résistance au déplacement n'est envisagée que postérieurement à la construction, du fait de la consigne.

Rétroactions : Les rétroactions sont très semblables à celles obtenues pour S_4 , et permet elle-aussi de distinguer les propriétés métriques de propriétés résistantes au déplacement.

I_{cons}^3

Répondre à ce problème consiste à associer de nouveaux procédés de construction à des phénomènes qui n'étaient pas pris en charge auparavant, en particulier des propriétés liées au mouvement d'objets. Ces mouvements peuvent apparaître comme “mécaniques”, auquel cas les primitives de construction permettent de construire des supports, ou comme des effets associés à l'utilisation des outils de Cabri 3D, ce qui permet alors de s'appuyer sur les outils ne faisant pas apparaître de supports — notamment les transformations.

S_8 Sommets fixés sur des supports

Cette stratégie repose sur une interprétation très “mécanique” du mouvement simultané de points : deux points bougent en même temps car ils sont attachés sur la même droite, le même plan. . . Il est donc nécessaire d'ajouter des unités figurales qui serviront de support reliant des points, en contrôlant leur direction à l'aide de primitives de construction directe telles que “perpendiculaire” ou “parallèle”.

Concernant le premier prisme, cette construction est très proche de S_4 et S_7 , puisqu'il s'agit ici encore de construire une seconde face par intersection d'un plan parallèle et de droites perpendiculaires à la première. En revanche, l'enjeu de cette construction est de “lier” les sommets entre eux : la hauteur des sommets d'une base est contrôlée par l'appartenance à un même plan, l'alignement vertical de deux sommets est dû à la même droite verticale. De plus, la construction de prismes supplémentaires, et notamment de la première base des prismes suivants, sera très différente.

Une grande attention est portée a priori aux propriétés dynamiques : les mesures disparaissent peu à peu — bien qu'elles puissent subsister localement, par exemple pour assurer certaines propriétés de la base — et le mouvement simultané des points créés sur un même support devient plus central.

Rétroactions : Cette stratégie ne permet la reproduction que du mouvement simultané de points portés par une même droite de direction donnée — parallèle à un axe, par exemple. En revanche, elle ne peut reproduire le mouvement de points autour d'un centre, axe,

plan de symétrie par la seule construction de parallèles et perpendiculaires. Ainsi, si l'utilisation de primitives de construction semble plus prometteuse que les reconstructions par ajustement, elle ne permet qu'un succès partiel.

*S*₉ **Propriétés mécaniques associées aux outils**

Afin de reproduire les mouvements simultanés d'objets, il est possible de procéder par essai-erreur pour associer à des phénomènes mécaniques l'utilisation de primitives de construction. Il en va ainsi de la symétrie centrale qui peut être associée à deux points gravitant autour d'un centre de symétrie. La stratégie consiste donc à identifier des propriétés remarquables sur le modèle, à rechercher des moyens de reproduire ces phénomènes à l'aide d'outils de Cabri 3D — ce qui s'accompagne en fait de l'émergence de schèmes d'action instrumentée —, et à employer les instruments ainsi élaborés pour construire un objet disposant des propriétés recherchées. La déconstruction instrumentale est bien entendu au cœur de cette stratégie, et nous pourrions en particulier y rechercher plusieurs formes, plusieurs sources et contrôles possibles, de cette déconstruction.

Rétroactions : Il s'agit de la première stratégie permettant de reproduire toutes les propriétés des objets proposés aux élèves, et de fait les rétroactions perceptibles concernent moins sa validité que ses limites, qui résultent surtout de la faiblesse du contrôle théorique. Pour cette raison, les schèmes élaborés peuvent souffrir d'un défaut d'efficacité — par exemple employer une rotation dont l'angle est plus ou moins ajusté au lieu d'une symétrie — et être difficilement généralisés à d'autres contextes. En outre, le contrôle a priori des constructions ainsi que les possibilités explicatives sont très limités, et permettent difficilement de dépasser des échanges sur le mode injonctif où la validité ne provient que de la réalisation : “fais de cette façon, tu vas voir, ça marche”.

*S*₁₀ **Reconnaissance de configurations de base**

Les objets servant de bases aux prismes sont connus des élèves — même si cela est moins vrai pour le cerf-volant. De fait, il est possible d'associer aux formes reconnues un ensemble de propriétés caractéristiques⁴ qui permettront sa reconstruction avec des outils adéquats : “*aba'b'* a la forme d'un losange, configuration symétrique par rapport à son centre, donc il est possible de le reconstruire par symétrie”.

Rétroactions : Cette stratégie permet une reconstruction efficace des objets, qui s'affranchit des rétroactions visuelles lors de l'action — le

4. Il s'agit en fait de la reconnaissance d'une “configuration” : *Cette notion de configuration est utilisée pour désigner le couple (dessin, propriété) où le dessin est une illustration de cette propriété. Ainsi, on parle de configuration de Thalès. [...] De même des configurations sont associées à des transformations (translation avec parallélogramme, quart de tour avec carré, ...)* (Chaachoua, 1997, p. 37)

résultat étant assuré par les propriétés de la configuration —, mais celle-ci est en règle générale limitée à un panel de configurations connues. Ainsi elle permet d'assurer aisément la construction d'un losange ou d'un parallélogramme, sera peut-être moins efficace pour le cerf-volant, et permettra difficilement de mettre en relation deux bases, soit dans l'espace, soit sur un même plan — par exemple pour lier les propriétés de la base du second prisme à celles du premier.

I_{cons}^4

S_{11} **Construction “à la règle et au compas”**

Dans ce cas, les invariants du déplacement sont interprétés comme témoignant des propriétés géométriques de l'objet représenté : indentités de longueurs, alignement, orthogonalité ou parallélisme... Leur reproduction est assurée de manière similaire à un environnement “papier-crayon”, c'est-à-dire s'appuyant sur la construction de nombreux tracés auxiliaires porteurs de propriétés. Ainsi, l'identité de longueur peut être portée par un cercle, et la symétrie construite par l'intersection d'un cercle et d'une droite passant par l'antécédent et le centre de symétrie.

Rétroactions : Cette stratégie permet à la fois de réaliser les constructions et d'anticiper sur leur déroulement et validité, aussi les échanges verbaux permis sont plus riches et peuvent comporter une dimension plus explicative qu'injonctive. En revanche, les procédures peuvent être coûteuses — en nombre d'opérations — du fait de la grande quantité de tracés auxiliaires nécessaires, et leur répétition lors de chaque phase peut inciter à rechercher d'autres modalités de construction.

S_{12} **Construction s'appuyant sur des transformations** Enfin, la dernière

stratégie permettant de répondre à ce problème consiste à identifier les propriétés géométriques de l'objet représenté, qui apparaissent comme des invariants du déplacement, et à associer à ces propriétés des transformations permettant de les produire. Cette stratégie repose donc sur une interaction la déconstruction dimensionnelle, qui permet d'identifier des propriétés, et la déconstruction instrumentale qui en découle et offre un procédé constructif basé sur des transformations.

Rétroactions : Cette seconde modalité de construction permet un très fort gain d'efficacité, pour deux raisons. La première est l'absence de tracés auxiliaires, et ainsi pour une seule symétrie centrale il n'est plus nécessaire que de sélectionner l'antécédent et le centre ; tandis qu'il faut dans le cas précédent construire un cercle ou une sphère en sélectionnant ces points, puis une droite de la même manière, le point d'intersection, et enfin masquer les traits de constructions pour que le dessin reste lisible. La seconde est la possibilité de construire

le symétriques d'arêtes, et non plus de points, ce qui réduit encore le nombre d'actions.

4.4.6 Opérateurs et contrôles

Les opérateurs et contrôles spécifiques de cette situation sont très peu nombreux, dans la mesure où elle s'appuie sur des connaissances très peu spécifiques, et où l'activité de construction est la "vocation première" d'un tel environnement.

Ainsi, le seul opérateur réellement spécifique concerne la production de mouvements simultanés, et correspond à la transposition d'une approche mécanique de ces mouvements qui ne produit pas de résultat dans Cabri 3D.

De même, les trois contrôles qu'il nous faut ajouter permettent d'établir des liens entre des invariants du déplacement et les propriétés des objets représentés. Les deux premiers relèveront d'une déconstruction instrumentale tournée vers les effets mécaniques, le dernier permettra d'interpréter les invariants du déplacement en termes de déconstruction dimensionnelle.

4.4.7 Procédures

Ici encore, le détail des différentes procédures est reproduit en annexe. Celles-ci permettent d'envisager des procédures distinctes répondant à une même stratégie, mais présentant des variations notamment liées à différentes déconstruction instrumentale intervenant pour mener à bien des construction, ou lier entre elles des unités figurales. Ainsi pour une même stratégie il est possible de distinguer ρ_{10} , qui consiste à construire une droite remarquable et de tenter d'y attacher des sommets après leur construction, et ρ_{11} , dans laquelle la droite remarquable est construite antérieurement, et les sommets définis sur cette droite.

Ce renversement de l'ordre de construction témoignera de l'émergence d'une déconstruction instrumentale permettant une anticipation, ce qui pourra s'avérer pertinent pour interpréter une émergence de la visualisation non-icnique.

4.4.8 Bilan

Des trois situations étudiées, cette dernière est probablement la plus cohérente avec nos hypothèses de recherche, et donne le plus d'observables relatifs aux visualisations ou aux paradigmes intervenant dans l'activité des élèves.

Ainsi, les différentes interprétations de la consigne, relatives à la visualisation, affectent très fortement les stratégies envisagées et la valida-

tion finale. Pour leur part, les moyens mobilisés en vue de cette résolution traduisent la possibilité de mobiliser différentes déconstructions, et à travailler dans GI ou GII. Inversement, cette capacité affecte grandement l'efficacité et la validité des processus de résolution.

Enfin, les rétroactions semblent à même de susciter les évolutions que nous avons postulées : les processus ancrés dans la visualisation iconique peuvent être employés, mais sont très coûteux et invalidés. Différentes formes de déconstruction instrumentale conduisent à des rétroactions portant sur la validité — nulle, partielle, totale — des constructions, ainsi que sur leur efficacité, et le dialogue de la déconstruction instrumentale avec la déconstruction dimensionnelle et un travail dans GII offre des solutions valides et plus économiques.

Les caractéristiques de cette situations devraient ainsi nous permettre d'étudier d'éventuelles interactions et évolutions, mais aussi les mécanismes de ces évolutions en étudiant la cohérence des opérateurs et des contrôles permettant leur emploi avec les contrôles de validité des constructions, relatifs aux problèmes traités et à l'horizon théorique sous-jacent.

Chapitre 5

Observations et analyse a posteriori

Les observations présentées dans ce chapitre sont issues d'expérimentations menées en classe de seconde. Pour tous les groupes observés, les conditions expérimentales ont été similaires.

Ces élèves de seconde n'avaient pas traité la géométrie dans l'espace au cours de cette année, et ne disposaient que des connaissances acquises au collège. En particulier, aucune connaissance concernant l'orthogonalité, le parallélisme ou la coplanarité, n'avaient été traitées en cours, et les prismes proposés n'ont pas été étudiés par les élèves.

En outre, les interventions de l'enseignant sont toujours destinées à un unique groupe d'élève, hormis pour énoncer la consigne à l'ensemble de la classe.

Pour de plus amples précisions, on pourra se rapporter à la présentation

Au cours de chaque séance, les élèves ont travaillé en binômes durant une heure, en salle informatique. Les données dont nous disposons consistent, pour chaque groupe, en un enregistrement vidéo de leur activité sur l'ordinateur¹ et un enregistrement audio réalisé à l'aide d'un dictaphone. Ces données ont été transcrites à l'aide du logiciel d'annotation ELAN, à l'aide duquel sont consignés les dialogues, les outils utilisés, leurs modalités d'utilisation, ainsi que des remarques complémentaires. Toutes les transcriptions ont été reproduites en annexe.

L'exploitation de ces données comportait certaines exigences.

La première d'entre elle consistait à nous appuyer sur la méthodologie que le modèle cK ζ nous a permis de mettre en place, afin que l'interprétation en termes de visualisation iconique, déconstruction instrumentale, déconstruction dimensionnelle GI, GII, soit la plus systématique et la plus précise possible, en réduisant autant que possible la part interprétatives des obser-

1. L'enregistrement a été réalisé à l'aide du logiciel Camstudio 2.0

vations réalisées.

Il était dans un second temps essentiel de faire apparaître à la fois des informations portant sur la nature des évolutions observées — c'est-à-dire sur l'état du système [sujet<>milieu] à un instant donné — et sur les mécanismes d'évolution — c'est-à-dire sur une dynamique au cours d'un laps de temps donné, sous l'effet de contraintes spécifiques.

Pour cette raison nous avons choisi de proposer deux études successives de ce corpus.

La première consiste en une analyse linéaire de chaque transcription, peu problématisée, s'appuyant très fortement sur la modélisation cK ζ . Pour chaque groupe, nous avons cherché à dégager plusieurs caractéristiques :

- l'intervention des paradigmes, visualisations et déconstructions, dans les processus de résolution
- leur fonction dans le processus — sélection, validation — et le problème qu'ils permettent de traiter — problème dans son ensemble, sous-problème
- certaines parties de l'activité des élèves, homogènes du point de vue des processus de résolution employés
- certains moments cruciaux, au cours desquels il est possible d'identifier des mécanismes d'évolution

Cette étude, qui peut sembler quelque peu fastidieuse au lecteur, nous permettra dans un second temps (5.4) de problématiser nos observations, indépendamment des groupes observés, en nous affranchissant cette fois du vocabulaire technique de cK ζ et d'un premier niveau d'analyse — qui est cependant essentiel. Nous chercherons alors à dégager de manière plus synthétique des invariants, ou des dissemblances, révélés par nos premières analyses auxquelles nous renverrons le lecteur.

5.1 Reconstruction d'un cube tronqué : étude linéaire des observations

Cette situation était essentiellement destinée à une observation des types de résolution mobilisables par les élèves, et aux contraintes que faisait peser une construction dans Cabri 3D sur la construction d'un objet familier, sans de contrainte explicite concernant la validation.

Les élèves, travaillant par binômes, devaient donc proposer “*autant de méthodes que possible*” pour construire le “sommet manquant” du cube tronqué ci-dessous.

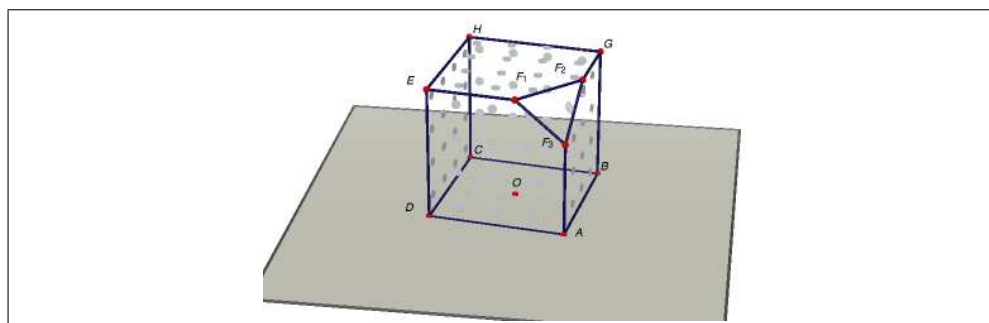


FIGURE 5.1 – Cube à reconstruire

5.1.1 Premier groupe

Ce groupe est composé de deux élèves, ainsi que d'un élève voisin (E3) venant épisodiquement interférer dans le travail du binôme.

La caractéristique la plus marquante de cette observation réside dans le décalage séparant les moyens mis en œuvre, éventuellement élaborés, des contrôles effectivement employés.

Ainsi, des stratégies par ajustement sont employées, et validées par identité de forme et de mesure.

De plus, la reconstruction par prolongement de deux arêtes (S_{10} , ρ_{18}) est employée deux fois, une fois par construction directe de droites, la seconde par construction de ces droites à l'aide de l'outil “parallèle”. Pourtant, il faudra une intervention extérieure pour mettre en évidence l'identité des reconstructions (E3, 37'20 : *Oui mais ça c'est la même chose que quand vous avez fait... la première méthode c'est exactement la même chose que ça ! Sauf que là vous avez rajouté deux droites, c'est tout !*). Si E3 impose son point de vue basé sur l'identité des deux déconstructions instrumentales, la validation préalable d'une méthode distincte par le binôme repose en revanche sur une bonne reconstruction de la forme.

Il semble que la validation des constructions repose essentiellement sur σ^4 ou σ^{11} , et permet de répondre au problème I_{cube}^1 .

En revanche, il faut noter la complexité de certains outils mobilisés par ces élèves. Outre les propriétés du cube immédiatement citées, il s'agit surtout de la production du point F par reconstruction du vecteur \overrightarrow{HF} , validée avant toute tentative de construction — et faisant donc signe vers la déconstruction dimensionnelle :

25'20, E2 : *Ce vecteur là égale à ce vecteur là, plus ce vecteur là. C'est un truc comme ça, je crois.*

E1 : *Sûr ?*

E2 : *Ouais parce que tu sais, c'est les mêmes vecteurs ! Tu fais le vecteur là (G) à là (F) est égal au vecteur ... là...*

E1 : *Je pense tu fais le vecteur... celui là, plus celui là, là, tac, et on trouve le point.*

E2 : *Ouais, et ça fait égal à ce vecteur là, la diagonale !*

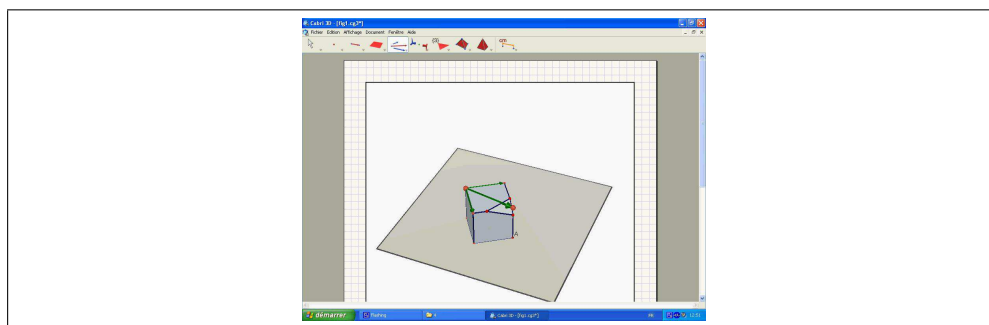


FIGURE 5.2 – Reconstruction par translation

Quand elle s'avère nécessaire, la déconstruction dimensionnelle peut donc intervenir pour guider un processus de résolution, mais il apparaît dans ce groupe qu'en dernier ressort, c'est la reconstruction de l'objet physique qui est visée.

5.1.2 Deuxième groupe

Les processus de reconstruction observés ici témoignent de variations très fortes de l'interprétation de la consigne.

D'un côté, E1 montre une grande facilité à mobiliser des propriétés du cube afin d'élaborer des reconstructions qu'il valide *a priori*. C'est ainsi lui qui élabore les deux premières résolutions, par prolongement (S_{10}) et par symétrie (S_{14}), et rejette les constructions par ajustement (10'11 : *Ouais*,

sauf qu'il faut pas que ce soit à l'œil, il faut que ce soit dit par le logiciel!
 ou 16'46 : *Non non, c'est pas le milieu là! Tu sais pas si c'est le milieu!*).
 Il s'agit pour lui de reproduire les propriétés du cube (I_{cube}^4) comme en témoignent des contrôles fondés sur la déconstruction dimensionnelle du cube envisagé comme une figure (σ^{30} , par exemple 09'26 : *si si! les droites se coupent en leur milieu dans un parallélogramme, et ça c'est un parallélogramme!*).

Notons que la seule tentative par ajustement est immédiatement abandonnée (10'46).

En revanche, E2 vise dans un premier temps à reconstruire un objet matériel, et répond à I_{cube}^1 (01'45 : *Mais elle est déjà faite la figure, non?* ou 01'51 : *Ah d'accord! Tu veux qu'on reconstruise ce triangle là!*), sans parvenir à interpréter les constructions de E1 (02'13, E1 : *Ben voilà, ça c'est le point!* – E2 : *Voilà, et après tu fais comment?*, 02'59, E2 : *Mais pourquoi tu sais?*, 17'46, alors que la reconstruction est effectuée, E2 : *Ouh là, tu l'as fait rétrécir!*).

Pour autant, E2 dispose de connaissances théoriques qui lui permettent dans un second temps d'interpréter des constructions (18'54 : *On a fait la symétrie du point H par rapport au segment [EG].*) et de proposer une résolution (20'08 : *Si on faisait des vecteurs? Mais je pense pas que...*). Cependant cette proposition relève de la stratégie plus que de sa mise en œuvre, puisque c'est E1 qui la réalise et en propose une interprétation à l'aide de la relation du parallélogramme.

Les deux élèves disposent donc de connaissances relevant de GII, mais elles sont mobilisées de manière très différentes, ce qui affecte les interprétations du problème : E1 répond à I_{cube}^4 tandis que E2 tente de mettre ses connaissances, visiblement moins précises, au service de la reproduction d'une forme.

5.1.3 Troisième groupe

Ce binôme s'avère fortement handicapé par le besoin de justifier la construction par prolongement (S_{10}), avant sa réalisation — la nécessité de la construction est la seule raison réellement invoquée (06'24, E1 : *Ouais voilà! Si on prolonge les deux droites. [...] Et voilà, et le point z, normalement, se trouve à l'intersection entre les deux points.*) — ou postérieurement. L'élaboration d'un argumentaire est très fastidieuse : elle commence à la 7^e minute et s'achève 30 minutes plus tard, chaque mot semblant problématique.

La seconde construction esquissée est en réalité incomplète, mais repose

sur une sensation optique (en fait σ^4). Il semble ainsi que la construction matérielle soit suffisante à convaincre les élèves du binôme, et que le travail sur la figure serve essentiellement à élaborer les grandes lignes d'une construction ou à répondre à une demande de justification.

5.1.4 Quatrième groupe

Ces élèves semblent tous deux chercher à produire une forme, comme en témoignent les premières reconstructions, par ajustement du point ou construction d'un tétraèdre (S_1, S_2, S_7, S_3). Le choix même des outils est conditionné par la reconnaissance d'une forme (σ^4) : *Pourquoi tu veux absolument prendre un triangle ? – Parce que c'est un triangle !* (05'43).

C'est S_1 qui est finalement mise en œuvre au cours de la première demi-heure d'activité, et que l'ajustement peut être envisagé mais ne produit pas de résultat jugé correct. Le contrôle de la position dans l'espace (σ^1) est alors mis en défaut (16'06, E2 : *De toute façon on ne voit rien...*, 21'57, E1 : *Il paraît bien, et dès qu'il change de côté il ressemble à rien...*, 24'45, E1 : *tu sais que t'as tort ?*, 26'22, E1 : *Il va trouver une autre solution.*). Cependant, si l'observation conduit à cette déstabilisation, le processus est particulièrement long.

La recherche de processus constructifs mieux contrôlés semble apparaître comme une réponse à cette mise en défaut.

Dans un premier temps, S_4 est utilisée, sur le modèle d'un groupe voisin, mais la validation repose toujours sur la forme, comme en témoigne la construction des triangles manquant (28'55).

L'utilisation de vecteurs apparaît ensuite, mais une mauvaise maîtrise de la notion ne permet que d'envisager une stratégie, sans donner lieu à un contrôle permettant d'élaborer une procédure. Il en va de même des propriétés de parallélisme dans le cube, qui conduisent à reproduire S_4 .

La mobilisation des outils de la géométrie prend donc un sens particulier : ils permettent de reproduire plus simplement et efficacement l'objet désiré, mais ne donnent lieu ni à un travail préalable sur la figure — comme en témoigne l'échec de la construction à l'aide de vecteurs — ni à une modification des critères de la validité, qui reste soumise à la production d'une forme.

L'évolution qu'il est possible d'observer concerne ainsi exclusivement la mise en cause des informations visuelles et l'apparition de processus basés sur des connaissances géométriques pour produire des objets qui demeurent matériels.

5.1.5 Cinquième groupe

L'observation de ce trinôme laisse apparaître une progression importante des moyens de construction mis en œuvre, mais aussi des problèmes qu'ils permettent de résoudre — et de fait, des critères de validité. En particulier, le statut de la déconstruction dimensionnelle évolue de manière très significative.

Construction approximée

Dans un premier temps, la négociation porte sur l'enjeu de l'activité :

03'33, E1 : *Aaaaaah, t'es trop fort ! Mais sauf qu'il faut que tu remplisses maintenant !*

03'39, E2 : *Monsieur ? Il faut le remplir le cube, ou juste le reconstruire ?*

Il est alors déclaré que l'enjeu est I_{cube}^1 et qu'il est nécessaire de "remplir le cube".

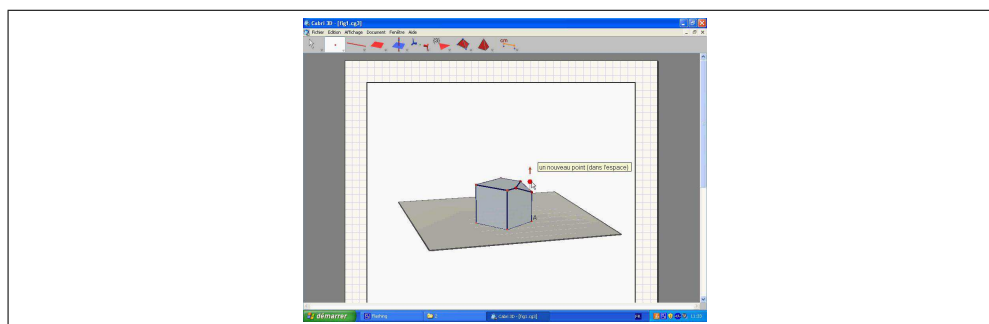


FIGURE 5.3 – Construction par ajustement

La reconstruction s'effectue par prolongement d'unités figurales du cube, soit une intersection surdéterminée (S_4, ρ_8), soit l'intersection des plans (S_{10}, ρ_{19}), dont la réalisation est très proche.

L'ajustement pose en revanche un problème de validité puisque si le contrôle par la forme n'est pas remis en cause, celui de la position dans l'espace fait question :

13'19, E1 : *Alors là on pourrait peut être essayer avec un point, juste un point ici, au bon endroit !*

13'24, E2 : *Ben tu fais au hasard à ce moment là ! [..]*

13'27, E1 : *Ben non ! Enfin oui ! Enfin tu le fais. . .*

La construction est réussie "à peu près" (Fig. 5.3), ce qui rend cette méthode valide aux yeux des élèves, et témoigne que cette procédure répond à I_{cube}^1 .

Intervention locale de la déconstruction dimensionnelle

Le processus de construction suivant (20'47 - 22'15) consiste à construire le point F comme symétrique du point D par rapport à une diagonale. La validité est assurée par la déconstruction dimensionnelle, antérieurement à la construction (20'58, E1 : *Tu prends la symétrique de ce point, à cet axe, comme ça tu le trouves là. Avoue!*). C'est donc σ^{30} qui permet l'élaboration du processus, mais en dernier ressort il reste néanmoins nécessaire de construire un tétraèdre pour achever la construction de la forme et répondre à I_{cube}^1 . Des contrôles plus élaborés émergent, permettant l'emploi d'opérateurs différents, mais il n'en résulte pas pour autant de changements relatifs aux contrôles finaux de validité, et la déconstruction dimensionnelle n'a pour fonction que d'assurer l'élaboration d'un processus de construction correct.

Contrôle de la validité par la déconstruction dimensionnelle

Elle acquiert en revanche un autre statut dans la construction suivante (25'46 - 33'10), qui consiste à construire le symétrique du cube par rapport au plan (ABG) et à s'appuyer sur les deux cubes pour obtenir le point F par intersection.

La déconstruction dimensionnelle permet à E3 d'élaborer une construction et d'anticiper sur sa validité :

Regarde tu fais le même juste à coté. Tu vas voir que ta forme elle va faire schlack, schlack, tu vois ça va faire un losange. Après tu te sers de ce point à ce même point. À son symétrique. Après t'as plus qu'à faire ça... Après tu crées la droite là, et après tu vas trouver. (25'46)

Mais elle conduit en outre E2 à se prononcer sur la validité de la méthode :

31'50, E2 : *Attends attends, parce que je viens d'y penser : le cube ne sert absolument à rien. [...]*

32'14, E1 : *Oui ben en fait tu viens de faire la même chose!*

32'15, E2 : *Voilà. C'est ça, c'est juste que t'as rajouté un cube des deux côtés.*

Cette méthode n'est pas invalide du point de vue du résultat, elle est considérée comme identique à la première reconstruction par intersection, et cette identité ne peut résulter d'une déconstruction instrumentale dans la mesure où les deux processus sont très différents. C'est donc σ^{29} qui conduit à invalider cette méthode et ainsi, outre l'élaboration du processus de résolution, la déconstruction dimensionnelle devient critère de validité.

Pourtant, la dernière méthode employée repose sur S_1 (ajustement), ce qui traduit une possible coexistence de plusieurs critères de validité. Le caractère peu explicite de la consigne nous semble pouvoir expliquer ce phénomène, et nous pourrions difficilement en tirer une autre conclusion pour cette situation.

Synthèse

Il se dégage ici deux constats relatifs aux relations qu'entretiennent des approches centrées sur les objets matériels ou sur les objets géométriques.

En premier lieu, le type de contrôles permettant d'assurer le bon déroulement du processus et sa validation évolue fortement.

Une nécessité pratique semble tout d'abord favoriser l'émergence, locale, de contrôles hérités de la déconstruction instrumentale ou de la déconstruction dimensionnelle et se référant à une géométrie de type GII. Pour autant, l'activité des élèves reste tournée vers un problème de reconstruction matérielle. La déconstruction dimensionnelle devient ensuite juge de la validité de la résolution, sans qu'une rétroaction soit intervenue de manière perceptible pour l'observateur. L'interprétation du problème semble modifiée afin d'assurer la cohérence des moyens employés et des contrôles de validité.

Cette dynamique d'évolution nous renvoie ainsi aux hypothèses formulées dans le second chapitre.

En second lieu, cependant, il faut mentionner la juxtaposition d'interprétations "non-iconiques" et "iconiques" du problème — les deux dernières reconstructions. Cela paraît indiquer que le changement de point de vue n'est pas stable, et qu'en l'absence de rétroactions suffisamment fortes, le choix d'une interprétation est essentiellement contextuel.

5.1.6 Sixième groupe

Les élèves de ce groupe se concentrent essentiellement sur la reconstruction d'une image de cube, et répondent à ce titre à I_{cube}^1 . Cela les conduit à effacer les traits de construction (07'08, E1 : *Et faut mettre un point et après enlever les traits*) et à débattre de l'apparence graphique des objets (08'16, E1 : *Ouais mais là il faut qu'on remplisse, tu vois, le truc.* – E2 : *Non, il ne faut pas le remplir, il faut juste le reconstruire. Ils ont dit de pas remplir, hein, juste de reconstruire !*).

Les tentatives par ajustement, involontaires (06'05) ou volontaires (14'53), sont très rapidement abandonnées, au profit de constructions par intersection qui semblent essentiellement relever de S_4 . En effet, un grand nombre de tentatives sont nécessaires pour que l'intersection d'un nombre minimal d'arêtes soit jugée suffisante *a priori*. Le processus de construction consiste en l'enchaînement r^{20} , r^{22} , r^{15} , r^{61} (15'41 - 15'59). Ce dernier opérateur, de construction d'un tétraèdre, est inutile du point de vue de la construction, il ne permet que de répondre à I_{cube}^1 par le contrôle de la forme.

La seule évolution notable au cours de cette observation consiste en

l'émergence de procédures-types dans lesquelles un sommet est obtenu par intersection. Les premières tentatives reposent sur une stratégie par “essai-erreur”, les suivantes consistent à chercher des variations à partir des premières — à l'intersection de supports d'arêtes construites par parallèles et perpendiculaires succède la construction directe de supports d'arêtes (07'07) ou de faces (21') — et témoignent d'une plus grande efficacité. Cette élaboration *a priori* suggère un contrôle qui, s'il n'est pas du côté d'un travail sur la figure, dépasse la seule reproduction de forme, et se traduit par une déconstruction instrumentale mobilisable pour concevoir des processus de résolution.

5.1.7 Septième groupe

Ce groupe est constitué d'élèves mobilisant facilement les propriétés du cube, et capables d'un travail sur l'objet géométrique visant à préparer une construction et assurer sa validité.

Ainsi, la majorité des constructions sont réalisées efficacement, et relèvent de stratégies s'appuyant sur de fortes anticipations théoriques : intersections de prolongements d'arêtes ou de faces (S_{10}), intersections de nouvelles unités figurales (S_{11}) (Fig. 5.4), symétries (S_5) ou méthodes vectorielles. Les deux seules constructions qui pourraient relever de la production d'une forme, soit la construction par ajustement d'un tétraèdre (06'00) et la construction d'un milieu à l'aide de mesures (12'24), sont immédiatement abandonnées.

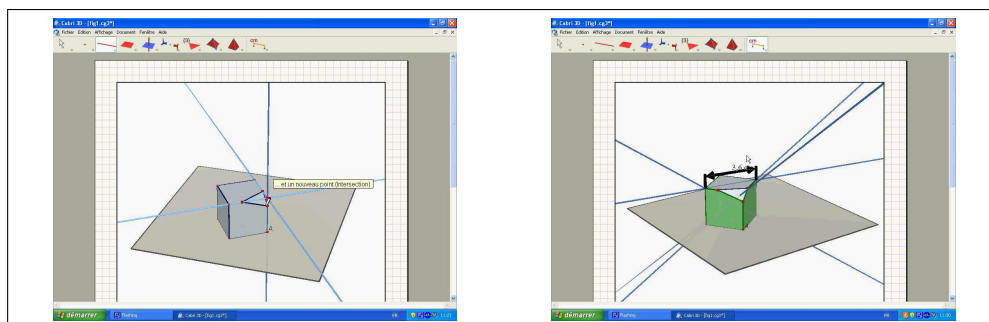


FIGURE 5.4 – Constructions par ajustement et par intersections

Le contrôle des positions dans l'espace est en effet rejeté (06'03, E2 : *Bah oui mais non, mais le point il peut se balader n'importe où !*), de même que tout jugement de validité par la longueur (32'44, E2 : *Non mais le but c'est pas les histoires numériques, pour nous...*). La forme apparaît, elle aussi, comme secondaire dans la résolution (14'52, E2 : *Mais les traits que t'as rajouté, là, je trouve qu'ils sont inutiles !*, 17'44, E2 : *Mais en même temps t'as pas besoin de créer les tétraèdres pour avoir les points, l'intersection des*

points [plans] c'est déjà ça !), et le problème traité est donc I_{cube}^3 ou I_{cube}^4 . En outre, les modalités de résolution et leur validité sont systématiquement envisagées *a priori* :

- par description et consensus, dans un premier temps (03'46, E1 : *Faut prolonger. . . On prolonge les traits. . .*, 06'06, E1 : *Moi je voulais mettre un plan comme ça, un plan comme ça, un plan comme ça. [...] – En prolongeant les faces qui ont été tronquées, quoi.*);
- par un élève proposant une solution, dans un second temps (22'51, E2 : *Après j'ai vu une façon beaucoup plus simple ! Symétrie par ce point : hop, fini !*).

On peut enfin souligner une tentative, visant à créer le centre de gravité du triangle d'intersection pour construire une grande diagonale (à partir de 33'), pour laquelle l'élaboration *a priori* était plus faible. Dans ce cas, la construction est invalidée, mais c'est l'anticipation théorique qui est remise en cause, et non pas les modalités de construction elles-mêmes (36'13, E2 : *Ah je sais ! On s'est trompé c'est pas les médianes qu'il faut faire, c'est les hauteurs !*).

Ce travail sur l'objet géométrique apparaît ainsi comme au centre du problème perçu, ce qui nous conduit à considérer que le problème traité est I_{cube}^4 .

Cette observation confirme le rôle d'un travail géométrique antérieur à la construction, même pour une situation "simple".

Dans les binômes précédents, les constructions ont généralement été peu efficaces, en raison du mauvais contrôle préalable. En revanche, dans le cas présent, le contrôle *a priori* permet aux élèves de se passer de beaucoup de rétroactions visuelles, ce qui conduit E2 à affirmer " *Milieu de ce segment' . . . C'est pas visible mais c'est fait.*" (21'59, nous soulignons). Cela permet aux tentatives d'être plus efficaces et de se dispenser de recherches par "essais-erreurs".

5.1.8 Huitième groupe

L'observation de ce groupe révèle que leur intérêt premier concerne la forme à reconstruire, mais qu'existent, dans le même temps, des connaissances géométriques mobilisables pour concevoir des procédures de construction. Au cours de l'activité, le contrôle interprétant le problème change, puisqu'élaborer une construction fiable devient un problème à part entière. Ce problème ne concerne plus la construction matérielle, mais bien des conditions portant sur les propriétés de la figure et contraignant les processus constructifs.

Reconstruction d'une forme

Dans un premier temps, il s'agit avant tout de produire une forme : prolonger les arêtes ou les faces, *construire un prisme* (E1, 09'09).

E2 tente de répondre au problème par reconstruction directe du prisme (S_1 ou S_3 , 11' - 12') et conclut l'intersection de trois droites (S_4) par la matérialisation des faces du tétraèdre manquant (13'30).

E1 semble s'appuyer essentiellement sur la reconnaissance de formes pour élaborer ses propositions, et propose ainsi de *continuer les plans* (08'19), de *faire un prisme* (09'09), *construire un triangle* (10'08) ou plusieurs (18'55, 19'18), *un machin comme ça, un... une pyramide ! Tétraèdre régulier, voilà !* (10'55), *des carrés* (13'21)...

La mention de parallèles ou perpendiculaires semble avant tout permettre un meilleur contrôle de la forme des objets (Fig. 5.5).

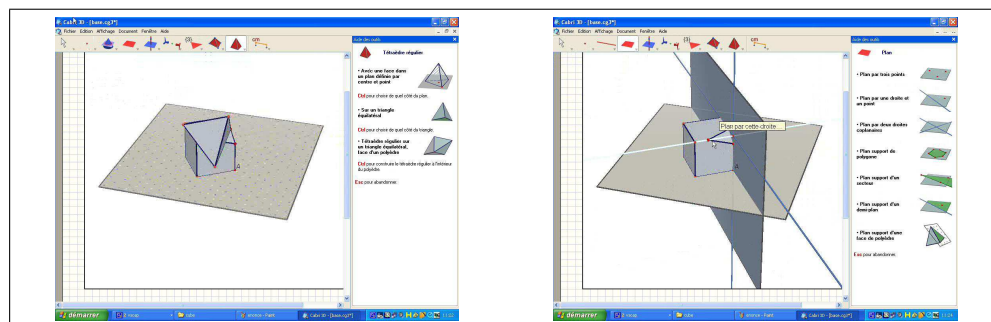


FIGURE 5.5 – Reproduction d'une forme : tétraèdre régulier et prolongements d'unités figurales

Pourtant, il est délicat de considérer que ces élèves s'appuient exclusivement sur la visualisation iconique, notamment en raison de la construction de triangles rectangles (24'36 - 27'17 et 31'38 - 38'17).

La finalité, énoncée par E1, est la reproduction de la forme (19'18 : *Si on on fait avec, tu sais, trois triangles !*, 24'51 : *Maintenant faut qu'on trouve une autre méthode. Si on on construit trois triangles. Trois triangles rectangles*). En effet, il suffirait de construire l'un des triangles pour répondre à I_{cube}^3 ou I_{cube}^4 , et ainsi c'est bien I_{cube}^1 qui est visé.

En revanche, la construction des triangles rectangles n'est pas offerte par l'environnement, comme l'indique l'enseignant :

E2, 25'12 : *Monsieur ? On peut pas construire des triangles rectangles, par hasard ?*

Enseignant, 25'21 : *Pas automatiquement. Après vous pouvez trouver des moyens pour que...*

E1, 25'24 : *Avec des cercles !! On est bêtes...*

À la suite de l'intervention de l'enseignant, les élèves sont en mesure de mobiliser un raisonnement portant sur la figure, dans GII, pour proposer une construction à l'aide de cercles (Fig. 5.6 : un triangle est rectangle si et seulement si un de ses côtés est le diamètre de son cercle circonscrit. C'est bien σ^{30} qui intervient ici. Les cercles sont d'ailleurs des unités figurales ajoutées au cube, ce qui confirme l'intervention de la visualisation non-iconique. Cette construction est donc symptomatique d'une inadéquation entre la finalité et les moyens : d'un côté, la finalité relève toujours de la visualisation iconique, de l'autre, une construction plus efficace repose sur un travail s'inscrivant dans GII.

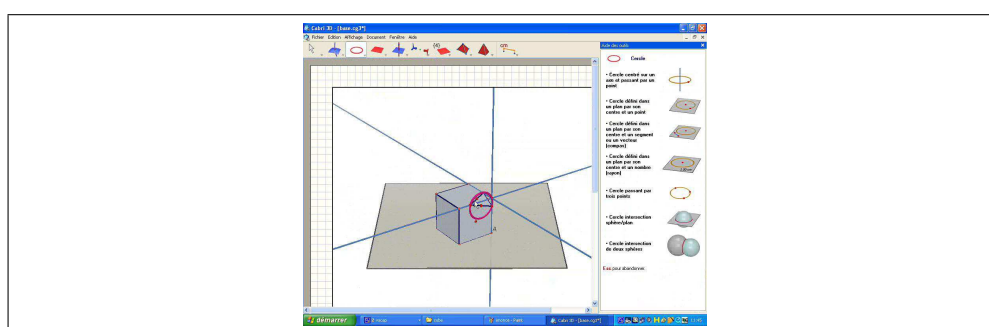


FIGURE 5.6 – Constructions à l'aide de cercles

Modification des conditions de validation

Il s'ensuit en particulier une modification des conditions de validation, quand il s'agit de valider un processus où apparaissent les cercles : E1 propose de construire l'intersection des droites, puis un cercle passant par le point F déjà construit, ce qui est valide du point de vue de la visualisation iconique. En revanche, E2 considère que le point F construit préalablement ne permet pas de considérer la méthode comme nouvelle, ce qui fait appel à la déconstruction instrumentale : *Ça sert trop à rien ce qu'on fait ! Parce que si tu veux, avec le cercle on veut reconstruire ce point, tu vois, et comme tu l'as déjà ben ça sert à rien de le reconstruire !* (34'52). L'assentiment de E1 permet de considérer que cette fois, outre les modalités de construction, la visualisation non-iconique dicte aussi le critère de validation.

Pourtant, le dernier processus est en fait l'ajustement mesuré, S_7 (ρ_{13}), et s'inscrit totalement dans un point de vue "arpenteur-géomètre" et dans un paradigme GI, sans contradiction apparente avec les exigences précédentes.

Synthèse

Ce groupe nous permet donc d'observer deux évolutions. En premier lieu, les moyens des reconstructions s'appuient sur des raisonnements géométriques

qui s’ancrent dans GII, ce qui assure une meilleure efficacité et permet de mettre en œuvre certaines stratégies. Ensuite, les modes de validation évoluent dans la même direction, semblant rétablir une cohérence entre la construction et sa validation.

Le dernier processus de construction, s’inscrivant dans GI et une approche “arpenteur-géomètre”, nous conduit à envisager que, pour ces élèves, aucune approche n’est plus légitime en soi, mais quand plusieurs sont mobilisables, leur choix est à mettre en relation avec un contrat didactique ou un critère d’efficacité.

En particulier, la mobilisation de GII est ici associée à des constructions dans le plan — pour lesquelles elle offre un référentiel théorique suffisamment construit —, mais n’a pas lieu dans l’espace, faute de connaissances suffisantes.

5.2 Coplanarité : étude linéaire

La situation proposée a pour double objectif de faire émerger la notion de coplanarité, et d’étudier l’évolution des résolutions afin de pallier les indéterminations visuelles. Il s’agit ainsi d’étudier des configurations de deux droites, pour déterminer les cas où ces droites sont sécantes (voir D.1, p. 61). L’étude s’inscrit hors de la géométrie du solide, ce qui limite très fortement les informations visuelles ; et ne s’appuie pas sur l’utilisation du déplacement, afin de circonscrire le champ d’étude.

Nous avons réalisé cette expérimentation avant le cours de géométrie de Seconde, et de fait les élèves ne disposaient pas d’un enseignement relatif aux positions d’objets dans l’espace — parallélisme, orthogonalité, coplanarité. Même dans le cas d’élèves disposant de connaissances supplémentaires, nous verrons qu’elles sont approximatives et ne conduisent pas à une résolution immédiate.

5.2.1 Premier groupe

Pour des raisons techniques, tous les élèves ont travaillé sur le même fichier, ce qui a altéré les tentatives de résolution et la qualité des rétroactions fournies. Ainsi, dans un groupe, une configuration était enrichie de mesures ajoutées par un autre binôme.

Les élèves de ce binôme semblent dès le départ capables de mobiliser une distinction de cas prenant en compte la coplanarité, qui est énoncée dès le début de la résolution : *Elles sont sur le même plan, ça fait que...* (E2, 04’21) – *Mais elles sont parallèles peut-être!* (E1, 04’23). L’incertitude ne porte que sur la fiabilité des observations (E2, 04’35 : *Mais non mais ça*

peut être une illusion d'optique, si y en a une qui est au dessus et une qui est en dessous, et hop!), et σ^5 n'est remis en cause que pour son caractère efficient. Cette objection est cependant rapidement écartée, et les procédures de résolution s'appuient sur :

- une distinction de cas dans laquelle deux droites se coupent si et seulement si elles sont sur le même plan et non-parallèles — qui ne résulte pas de l'enseignement. L'exigence de coplanarité est mentionnée dès le début de l'activité et est par la suite formulée en termes clairs pour un autre groupe :

Ext, 20'22 : *Euh, mais est ce que quand elles sont pas sur le même plan, il suffit de dire "elles sont pas sur le même plan donc elles se coupent pas" ?*

E1, 20'27 : *Oui.*

- Le constat visuel des propriétés de coplanarité et d'incidence, selon ρ_1 .
- Le recours à des mesures (angles ou distances) pour vérifier le parallélisme (ρ_8 ou ρ_{14}).

Ainsi la distinction de cas, qui renvoie à la visualisation non-iconique — et pourrait être proche de S_{14} —, semble pour ces élèves cohérente avec le constat perceptif dans la mesure où celui-ci est jugé fiable. Même mis en cause par E2 (par exemple, 06'05 : *Si ça se trouve elle passe un millimètre au dessus, tu vois ?*), il ne produit de résultat contradictoire avec aucune autre observation et il faut l'intervention de l'enseignant pour réellement le mettre en défaut.

5.2.2 Deuxième groupe

L'observation de ce deuxième groupe laisse apparaître une différence notable de point de vue entre les deux élèves, et une forte évolution des modalités leur permettant de juger de l'existence d'une intersection.

Constat perceptif

L'examen des premières configuration s'appuie essentiellement sur le constat perceptif et renvoie à S_3 .

E1 formalise son point de vue en invoquant que *Elles sont pas parallèles. Forcément, elles se coupent.* (04'03), ce qui relève de σ^{31} et renvoie à la visualisation non-iconique, mais fonde sa conclusion sur l'impression visuelle (5'53 : *OK, tu vois, là ?*, 5'58 : *Et, voilà, c'est la même chose mais en plus court*). De la même manière, il précise que "les droites sont sur le même plan" mais ne procède pour cela qu'à un examen perceptif.

On retrouve ici le cas du binôme précédent, où un travail sur la figure semble permettre de distinguer différents cas possibles, mais où le constat perceptif

(σ^5) offre des conclusions fiables, ce qui témoigne d'une résolution tournée vers I_{cop}^2 .

Pour sa part, E2 semble, lui aussi, s'appuyer sur σ^5 , sans toutefois les mêmes considérations théoriques que E1.

Insuffisances de l'examen perceptif

La configuration 1_5 interroge en revanche la fiabilité de ce contrôle σ^5 (Fig. 5.7) :

E2, 08'04 : *Eh ben là forcément elles vont toutes les deux vers le...*

E1, 08'06 : *Ben, tant qu'elles sont pas parallèles...*

E2, 08'08 : *Aaah... Mais non, mais là c'est parce qu'on voit comme ça, mais... Ah ouais, je sais pas...*

Une propriété de double orthogonalité est alors invoquée, renvoyant à une déconstruction dimensionnelle de cette configuration :

E2, 08'24 : *Essaie de tracer une perpendiculaire à une des droites.*

E1, 08'27 : *Ouais, si elle est perpendiculaire aux deux, ça veut dire qu'elles sont parallèles.*

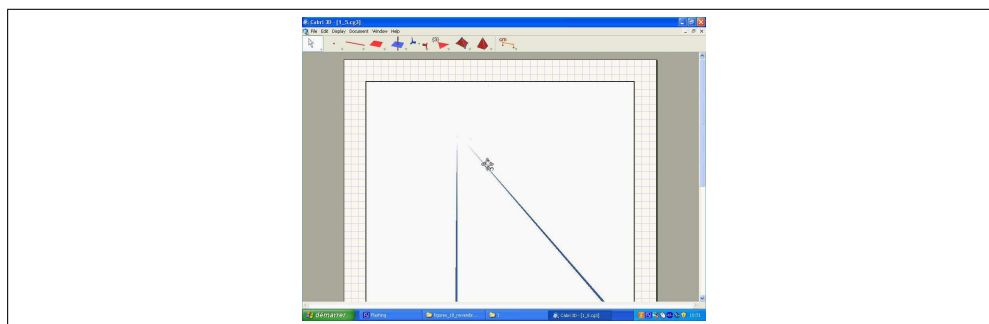


FIGURE 5.7 – Indéterminations

Pourtant, E2 semble en rester à l'examen perceptif en s'appuyant sur les nouvelles constructions, puisqu'il conclut à la double orthogonalité par σ^5 (09'03 : *Ouais, elles sont parallèles, hein!*). Dans ce cas, les propriétés invoquées permettent de donner des observables de meilleure qualité pour ce contrôle perceptif, et cet élève semble assujettir le travail sur l'objet géométrique à une finalité relevant purement de la visualisation iconique.

Cet aller-retour entre deux approches illustre bien un fonctionnement privilégié de la visualisation iconique, qui en appelle aux outils de la visualisation non-iconique quand les rétroactions visuelles deviennent insuffisantes.

En revanche, E1 réfute implicitement la validité de ce contrôle, ce qui le conduit à vérifier l'invariance de distance entre les droites, selon une direction

donnée (S_8, ρ_{13}). Cette procédure reste assujettie à la visualisation iconique, et la déconstruction dimensionnelle intervient ici pour pallier les déficiences visuelles (Fig. 5.8) :

Ah non attends je vais encore faire une perpendiculaire parce que sinon je serai pas forcément, tu sais je serai... je risque de monter un peu plus haut, ça risquerait de fausser la... Attends je vais en faire une deuxième... Comme ça on est à peu près sûrs de nos points... Voilà, maintenant y a plus qu'à calculer la mesure, vu que c'est perpendiculaire aux deux... (E1, 10')

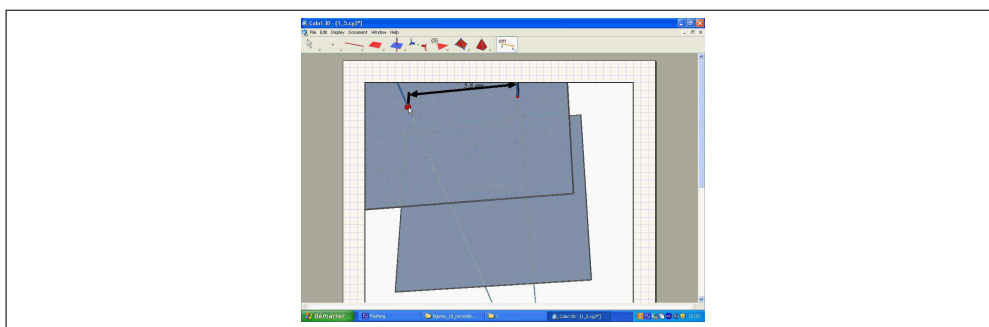


FIGURE 5.8 – Construction de perpendiculaires guidant la mesure

Si l’appréhension semble rester de type “arpenteur-géomètre”, les moyens mis en œuvre font ici fortement appel à un travail sur les objets géométriques.

Cette opposition persiste, puisque E2 observe les configurations tandis que E1 met en doute la validité de ces observations (par exemple en invoquant un *effet d’optique* concernant 2_1).

Cependant, dans les deux cas, la géométrie plane contextualise les raisonnements, et les nouvelles possibilités portées par l’espace ne sont pas envisagées.

Émergence de la non-coplanarité

L’observation de “l’espace” séparant deux droites met en perspective la référence initiale (6’13) à “l’alignement sur un même plan”, puisque la non-coplanarité ne semble pas interprétée : (E1, 14’29 : *Ouais, mais elles se coupent pas, elles se... Il y en a une perpendi... Y a un espace entre les deux, t’as pas vu ? Regarde, y a un trou!*).

Cet “air” séparant les deux droites conduit à l’émergence de deux processus différents : l’approche “botaniste” conduit E2 à affirmer l’existence d’une intersection qu’il peut observer (14’44 : *Non, regarde, tourne ! Regarde, tu vois bien qu’elles se coupent!*), tandis que E1 refuse ce constat perceptif

immédiat σ^5 (15'47 : *Attends, y a une feinte, y a pas d'air! Non, y a de l'air, quoi!*).

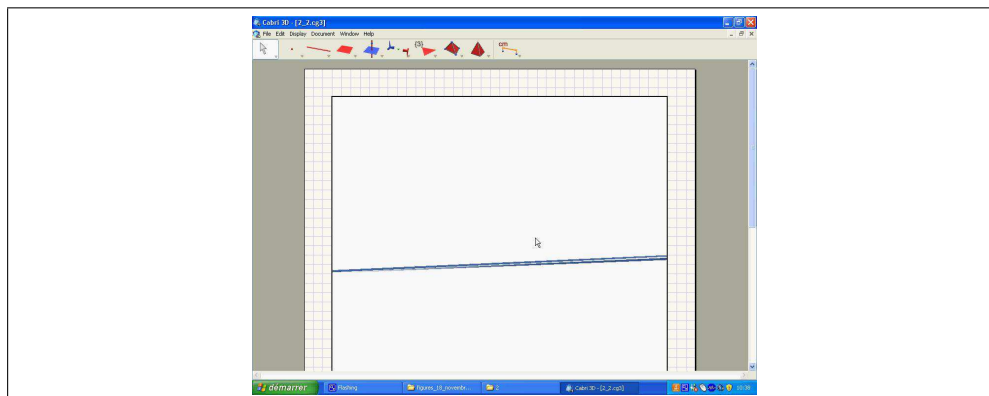


FIGURE 5.9 – Observation de l’“air” entre les droites.

La tentative d’adapter la procédure ρ_{13} utilisée auparavant conduit à remettre en cause le contrôle sous-jacent, l’extension de la propriété plane à l’espace (σ^{31}) et à proposer de n’utiliser cette propriété que dans le cas de coplanarité :

E1, 18'46 : *Elles se coupent forcément!*

E2, 18'47 : *Ouais mais... Techniquement, on ne sait pas vraiment! Parce que si c'est comme tout à l'heure... Bah on va dire qu'elles se coupent!*

E1, 18'56 : *Ah oui t'as raison, si il y a de l'air entre les deux, là... Ah oui... comment tu détermine ça...*

[...]

L’emploi de cette procédure devient alors subordonné à la coplanarité des droites : *Ouais, elles sont alignées sur un même plan, exactement! Elles sont alignées. Donc c'est bon elles se coupent.* (E1, 20'21).

Le processus de résolution repose de fait sur la distinction de cas suivante : “deux droites sont sécantes si et seulement si elles sont coplanaires et que leur écart mesuré selon deux droites parallèles varie”.

La non-coplanarité est identifiée, mais la résolution relève de S_4 , et repose essentiellement sur le constat perceptif.

Résolution instrumentale

L’intervention de l’enseignant (22'55 - 28'10) met en cause la fiabilité des mesures, ce qui réfute la validité de la résolution précédente.

Le dernier processus (28'16 - 35'03) s'appuie de fait sur un contrôle instrumental du parallélisme, selon S_{13} , en faisant porter cette propriété par un objet construit par Cabri3D — un rectangle ou un cube :

Ah, peut-être qu'en faisant un truc ! Eh ! En faisant un rectangle ! Si t'arrive à faire un rectangle et qu'il marche. . . Qu'il rentre dans les droites, c'est qu'elles sont parallèles ! Ah ou un cube, allez vas-y, on fait un cube ! (E1, 28'54).

Dans ce cas, le parallélisme est donc contrôlé par une déconstruction instrumentale. Pour autant, celle-ci n'intervient que pour pallier l'imprécision d'un type de mesure, mais la coplanarité reste identifiée perceptivement, et à défaut de pouvoir réaliser la construction, la mesure intervient de nouveau. La déconstruction instrumentale intervient donc de manière très locale, pour pallier la défaillance des contrôles perceptifs, tandis que la conclusion finale reste soumise à l'observation de propriétés, et donc à la visualisation iconique.

Synthèse

Il apparaît ici que la visualisation iconique conditionne l'interprétation du problème tout au long de l'observation, dans la mesure où la conclusion est soumise à l'observation de formes, voire de mesures. La notion de coplanarité émerge comme une nouvelle alternative dans l'espace, mais demeure interprétée dans une géométrie de type GI.

En revanche, lorsque le contrôle visuel et les mesures ne sont plus fiables, l'identification de propriétés pertinentes et la détermination d'une déconstruction instrumentale qui les assure apparaît localement dans la résolution.

5.2.3 Troisième groupe

Pour leur part, les trois élèves de ce groupe s'appuient plus que les précédents sur l'usage des outils de Cabri3D. On peut ainsi observer que, si le contrôle perceptif est suffisant dans un premier temps, il est rapidement insuffisant et est supplanté par des contrôles liés à des processus constructifs, permettant des conclusions plus fiables. Pour autant, sans assise théorique, ces contrôles sont contestables, et appellent à des discussions portant sur les objets géométriques, et non plus les seules droites observées.

Première résolution : contrôle perceptif

Les premiers processus observables (09'48 - 12'25) relèvent de l'identification visuelle de propriétés, essentiellement S_3 et S_4 : 09'48, E2 : *Bah elles se croisent, là.* – 09'49, E1 : *Bah oui elles se croisent ! [. . .]* – 09'57, E2 :

Bah parce qu'on voit là...

Le non-parallélisme est invoqué pour répondre à la demande de justification de l'enseignant, mais c'est bien le contrôle perceptif σ^5 qui juge de l'existence d'une intersection (il est de nouveau visible à 11'31, 11'34, 12'22...) et ancre cette résolution dans la visualisation iconique.

Cependant, les indéterminations visuelles liées à la représentation de l'espace mettent en cause la validité des propriétés observées :

- E1, 10'11 : *Quoique ça peut être aussi l'effet d'optique, hein !*
- E3, 12'22 : *Bah oui elles se croisent !* – E2, 12'24 : *Pourquoi ?*

Résolution par construction

La manipulation de la configuration conduit les élèves à construire l'éventuel point d'intersection pour contrôler son existence (S_2).

Dans ce cas, c'est l'observation des réactions du logiciel qui conduit E2 à proposer cette construction : *Oh ! Pointe ! [la souris est sur le point d'intersection]* (12'31). L'interprétation de cette première construction est fortement attachée au point de vue instrumental, et c'est σ^{18} (la possibilité de création) qui est explicitement invoqué :

- E3, 12'42 : *Un nouveau point d'intersection, ça veut dire qu'il est sur les deux du coup...*
- E2, 13'21 : *Tu fais : 'grâce au programme', 'grâce à l'outil point d'intersection, on peut voir que les droites', euh... 'se coupent'.*

Ce processus est alors ancré dans la déconstruction instrumentale, et σ^{18} contrôle l'interprétation du problème puisqu'il est immédiatement employé *a priori* pour envisager les autres résolutions. En outre, ce contrôle prend le pas sur l'examen visuel précédent, et la première configuration est examinée de nouveau.

En revanche, la portée de cette procédure est limitée aux cas où une intersection potentielle est visible à l'écran.

Recherche d'une nouvelle procédure : intersection hors du champ visuel

Pour la configuration 1_5, la procédure précédente ne peut plus s'appliquer et le contrôle visuel est déclaré défaillant :

E1, 15'04 : *Mais c'est obligé qu'elles sont pas parallèles, là...*

E2, 15'07 : *Mais si, c'est la perspective, quand tu vois ta route devant toi... Eh ben tu la vois en triangle, mais elle est toute droite !*

Ainsi, en l'absence d'un contrôle instrumental efficient, le contrôle visuel est de nouveau envisagé mais est réfuté en raison du contexte — mais non pas dans l'absolu — : *Mets que... mets "la 5, on peut pas savoir, c'est trop loin"*

(E1, 15'22).

La mesure de “l'écart entre les droites” n'est pas réellement refusé, mais est simplement abandonné — probablement en raison d'une formulation très imprécise et peu opératoire — au profit de la vérification du parallélisme par double orthogonalité selon **S₈**.

E3, 16'27 : *Alors, si tu fais un segment parallèle à... perpendiculaire à ça, si il est perpendiculaire à lui aussi, ça veut dire qu'elles sont parallèles toutes les deux, ça veut dire que... y a pas de croisement.* Une déconstruction dimensionnelle de deux droites parallèles est mentionnée, et la référence à la propriété de géométrie plane s'inscrit dans GII, mais pourtant le contrôle est finalement assuré par l'observation et l'interprétation du problème reste attachée aux objets matériels :

E1, 18'48 : *Je pense pas qu'elles soient parallèles, hein...*

E2 : *Non, elles sont pas parallèles, là!*

E1 : *Mais non mais ça c'est la perspective...*

E2 : *Tu crois?*

E3 : *Ah ouais parce que regarde, si tu remontes. [...]*

E1 : *Parce que là, si, c'est comme tu disais, la route.*

Les indéterminations visuelles semblent enfin conduire à un échange qui ne porte plus sur la validité directe de la construction, mais sur l'opposition entre l'obligation de s'appuyer sur un contrôle visuel jugé peu fiable (E1) et un contrôle géométrique qui assure une bonne construction (E3) (Fig 5.10). Ce contrôle géométrique fait défaut à E1, et ne lui permet pas d'interpréter la proposition de E3 :

E1, 20'03 : *Mais même quand tu fais ça sur des droites parallèles, si tu mets sur un point là et un point là, ça peut faire, euh... C'est pas forcément perpendiculaire, hein... Si tu mets un point sur une droite parallèle... Et un autre point sur une autre, qui est parallèle à celui-là... C'est pas forcément perpendiculaire ce... ce... ce... le segment qui passe... enfin la droite qui passe comme ça. Tu comprends?*

E2 : *Donc on peut pas savoir avec un plan perpendiculaire...*

E3 : *Ben si parce que si il est perpendiculaire à un point, il est perpendiculaire à toute la droite...*

E1 : *Ouais mais non, mais regarde, quand tu fais, quand tu fais des droites comme ça par exemple, tu mets un point ici et un point ici, la droite ici elle est pas perpendiculaire aux deux autres...*

E3 : *Elle est pas perpendiculaire comme tu le mets là, c'est pas possible.*

Le contrôle géométrique est encore à l'origine de la proposition suivante de contrôler le parallélisme à l'aide de vecteurs colinéaires, qui portent cette

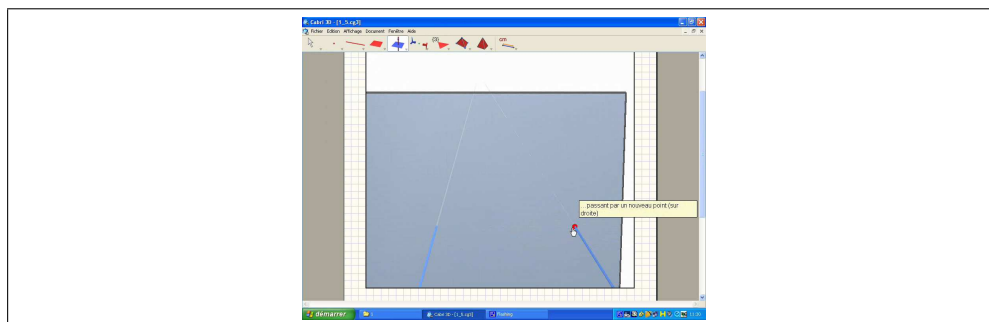


FIGURE 5.10 – Étude du parallélisme par double orthogonalité et contrôle visuel

propriété (21'08 - 22'20).

Dans le cas présent, le défaut d'opérationnalité du contrôle perceptif σ^5 conduit à la recherche de contrôles géométriques et instrumentaux. Ainsi, un nouveau problème apparaît localement, portant sur l'objet géométrique "droites parallèles" et soumis au jugement du contrôle par congruence de déconstructions dimensionnelles (σ^{30}), problème qui semble néanmoins demeurer assujéti à une interprétation du problème initial renvoyant aux objets matériels.

Interprétation de la coplanarité

La configuration 2_2 conduit ce trinôme à interpréter la non-coplanarité :

E3, 23'40 : *Elles sont pas...*

E2 : *Parce qu'elles sont pas... il n'y a pas de point d'intersection. Elles sont... elles se coupent pas, elles sont l'une sur l'autre.*

Les solutions envisagées sont essentiellement soumises à un contrôle perceptif :

E3, 23'55, ρ_7 : *Faudrait essayer de foutre un plan au milieu.*

E2, 24'00, σ^5 : *Attends, reste au niveau où on voit qu'elles sont pas...*

E1, 24'30, σ^{19} et σ^5 : *Oh, non, sinon, j'ai trouvé! Tu fais un point sur une, et au point d'intersection tu vois si elle passe sur l'autre.*

C'est finalement la séparation matérielle des droites (S_4) qui est envisagée, et cette résolution répond ainsi à I_{cop}^2 .

L'interprétation de la position des droites interroge les notions habituellement associées — sécantes ou parallèles —, ce qui fait émerger une troisième alternative (E3, 25'51 : *Ca sert à rien de dire parallèle, les droites elles sont comme ça. Elles sont parallèles comment? Parallèles de la distance?*) qui

n'est pas caractérisée. De fait l'intervention de l'enseignant auprès de ces élèves, centrée sur la coplanarité, n'est pas comprise des élèves.

La nécessité de justifier l'existence ou l'absence d'un point d'intersection les conduit de fait à s'appuyer sur la mesure des distances séparant les droites, soit directement (S_5), soit selon une direction donnée (ρ_{12}), ce qui traduit ici encore une attention portée essentiellement aux propriétés matérielles.

Synthèse

Au cours de cette activité, il est possible d'observer que l'évolution concerne essentiellement les moyens mis en œuvre pour résoudre le problème, mais affecte très peu l'interprétation du problème.

Ainsi, le contrôle perceptif défaillant conduit les élèves à s'appuyer de manière plus forte sur les outils de Cabri 3D et sur une interprétation géométrique relevant de GII, ce qui leur permet de dépasser — dans une certaine mesure — les défaillances visuelles. Dans ce cas apparaissent des interactions fortes entre des modalités de construction, une déconstruction dimensionnelle de la configuration “droites parallèles”, et une assise théorique ancrée dans GII. La non-coplanarité conduit, pour sa part, à interroger fortement les notions connues des élèves.

Pourtant, cette évolution reste locale et l'interprétation du problème reste invariablement attachée aux propriétés matérielles des objets.

5.2.4 Quatrième groupe

Dans ce trinôme, il est possible d'observer la disparition progressive de l'enjeu purement matériel de l'activité. Si la consigne est initialement interprétée relativement aux droites proposées, l'étude matérielle est abandonnée pour laisser place à la confrontation de méthodes, et corrélativement, à l'opposition de deux points de vue. Une distinction de cas prenant en compte la non-coplanarité émerge du discours argumentatif de E1 et E2, s'appuyant sur leurs réalisations matérielles, soumis au rôle arbitral de E3.

Une recherche empirique des points d'intersection

S'il s'agit initialement pour ces élèves de déterminer l'existence matérielle d'un point d'intersection, on peut observer que la première élève se fie totalement à son impression visuelle tandis que la seconde la met en doute :

E1, 0'11 : *Oui, elles se coupent !*

E2 : *Non, parce que regarde, elles sont pas parallèles ?*

E1 : *Mais, elles se coupent ces deux droites, là ! Celle là et celle là !*

E2 : *Non mais parce que, regarde c'est dans l'espace, si ça se trouve elles... Tu sais, comme une autoroute! Où y a un truc où elles se coupent, mais en fait non!*

Comme pour d'autres binômes, on voit chez E2 que le manque de fiabilité des informations visuelles conduit immédiatement à rechercher des mesures (0'41 : *Oui mais si ça se trouve elles sont parallèles! Regarde les longueurs!*). E1 propose de s'appuyer sur σ^{15} , la mention de l'intersection par l'environnement (1'00), ce qui permet de conclure quand l'intersection est visible, mais seule E2 exige une construction et la vérification de propriétés géométriques selon S_{13} (04'20 : *Ah je sais! Bah sinon on trace une... une parallèle, parce qu'on peut pas le savoir, là, comme ça! On trace une perpendiculaire à l'une et on regarde si elle est perpendiculaire à l'autre.*). Si E2 mentionne que les droites ne sont pas “une au dessus de l'autre”, cette préoccupation semble en revanche très marginale.

Observation simultanée de plusieurs types de contrôles

L'étude du second groupe de droites (10' – 14'30) révèle la coexistence de plusieurs contrôles chez ces deux élèves, de manière plus ou moins cohérente.

E1 doit répondre à deux problèmes distincts. Tout d'abord, elle cherche à déterminer si les droites se coupent, et pour cela, elle s'appuie essentiellement sur le contrôle visuel (Fig. 5.11) : observation directe (σ^5 , σ_{cop}^2) et par extrapolation (σ^{10} , σ_{cop}^1). Mais elle doit, dans le même temps, convaincre E2 qui réfute ces contrôles, aussi la construction du point d'intersection s'ajoute à la première résolution pour produire un argument que E2 juge valide :

E1, 10'44 : *Ah non regarde regarde regarde! Elles sont pas... elles sont pas... Elles se croisent pas, là, tu vois? [...]*

E1, 11'20 : *Tu vois? On peut même pas faire un point d'intersection, tu vois!*

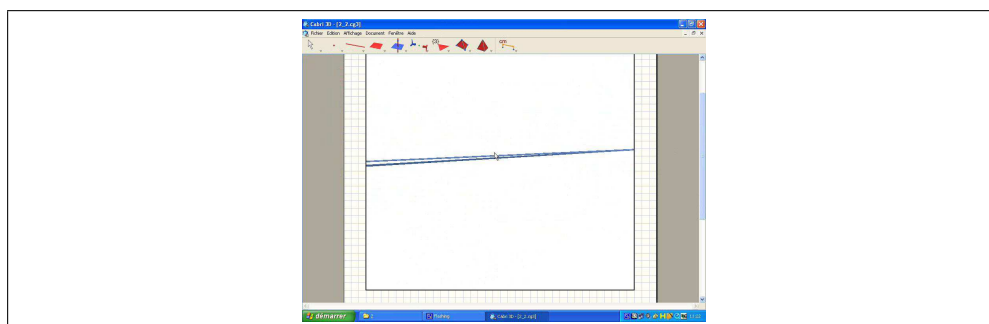


FIGURE 5.11 – Observation de l'intersection de deux droites

Notons que cette figure 5.11 est très similaire à la précédente (Fig. 5.9) mais

conduit à des interprétations tout à fait différentes, ce qui témoigne de l’ambiguïté des informations visuelles.

Au cours de l’activité, le statut du contrôle visuel évolue puisque si l’observation directe reste privilégiée en raison de sa mise en œuvre aisée, la construction permet de lever une indétermination : cette résolution n’est alors plus tournée vers E2, mais permet de répondre au problème pour E1 elle-même. Cela est particulièrement frappant dans le processus se déroulant de 12’59 à 13’15, au cours duquel E1 tente de construire un point d’intersection (r^{15} , σ^{19}) pour lever l’ambiguïté, mais n’émet aucun argument en direction de E2.

À ce titre, on peut considérer que si les préoccupations de E1 restent ancrées dans GI, la déconstruction instrumentale intervient de manière plus systématique pour apporter une solution et que l’interprétation du problème se déplace vers I_{cop}^4 .

Pour sa part, E2 s’appuie essentiellement sur deux procédures par construction : construction directe dans le cas d’un point d’intersection visible à l’écran (ρ_2), test de parallélisme quand le point d’intersection n’est pas visible (S_{13}). La mesure est mentionnée, mais n’est jamais réellement employée, et l’observation directe est systématiquement rejetée.

Si ces préoccupations font signe vers la visualisation non-iconique, leur validité est néanmoins assurée par l’observation — purement visuelle — que les droites “ne sont pas l’une au dessus de l’autre”. Cependant, E2 ne formalise pas la propriété de coplanarité, et de fait, elle ne semble pas en mesure de déterminer une procédure lui permettant de dépasser la seule observation :

E2, 11’32 : *Comment je peux dire ça ? Euh, droites dans l’espace. . .*

E1 : *Euh, pas parallèles. . .*

E2 : *Euh, ne se coupent pas. . .*

E3 : *Ouais qui, qui ne se touchent pas, quoi.*

E1 : *En fait elles sont perpendiculaires. . .*

E2 : *Non, mais, une au dessus de l’autre.*

Ainsi, chez E2 le point de vue est inversé par rapport à E1 : des processus s’appuyant sur GII sont privilégiés dès que des outils théoriques sont disponibles, et GI apparaît quand ceux-ci font défaut.

Sous la contrainte des configurations étudiées et du besoin de partager les critères de validité, une résolution tournée vers les propriétés de l’environnement se renforce. Cependant, celle-ci apparaît limitée par une faiblesse théorique, ce qui conduit le trinôme à délaissé l’activité dans Cabri3D et à se concentrer sur la recherche d’interprétations. À ce titre, la suite de la résolution s’ancre de manière plus forte dans GII et la visualisation non-iconique.

Apparition de la notion de coplanarité

La coplanarité émerge de la phase suivante (14'30 – 24'09), au cours de laquelle les actions dans Cabri 3D sont presque inexistantes. Il s'agit avant tout d'échanges de points de vue conduisant à rechercher une interprétation des phénomènes observés.

Dans un premier temps, l'interaction langagière est centrée sur la description de phénomènes ou de processus (Voir Fig. 5.12) :

E1, 14'28 : *Tu vois, point sur une droite, point sur une autre droite, tu vois...*

E2 : *Ouais... Et, mais puis le truc c'est que ça fait, genre, parce que c'est infini, mais là si ça fait comme ça... ben ça fera toujours, même si ça ça fait...*

E1 : *Ca se touchera jamais... En fait, si tu veux, elles sont... elles sont perp... elles sont... elles sont parallèles, si t'y penses, parce que ce point, il est parallèle, enfin, en fait, elles sont symétriques si tu veux... Ce point, il est symétrique à un point de celui-là...*

[...]

E1, 16'13 : *Il y en a une, elle est au dessus de l'autre. Tu vois ?*

E2 : *Mais ouais, même si elle est plus loin... D'un autre côté, là, elles se touchent, tu sais... Faut qu'on regarde si...*

E1 : *C'est une illusion en fait, les mesures l'indiquent ! Elles se touchent pas...*

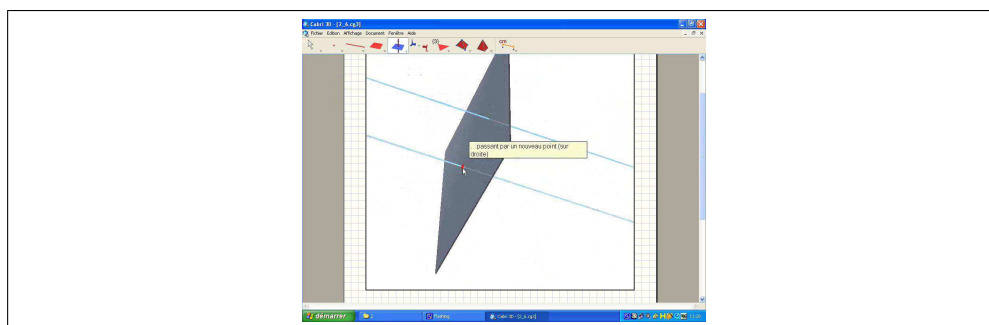


FIGURE 5.12 – Observation de l'intersection de deux droites avec un support visuel

Les élèves invoquent ainsi des contrôles soumis à la contingence et à des approximations — observation, extrapolation, mesure, etc. — qui ne permettent pas de distinguer clairement le parallélisme de la non-coplanarité. De fait, les résultats obtenus sont parfois contradictoires (par exemple le parallélisme, assuré par la construction d'une droite parallèle, mais réfuté

par la mesure d'angle).

Il s'ensuit un échange verbal focalisé sur les propriétés potentielles des droites, et non sur les observations immédiates : la contingence matérielle n'est plus qu'un support pour l'échange d'arguments, et ces derniers sont de nature plus qualitative. S'il n'est pas encore question de parler de GII, il faut en revanche y voir le point de vue de la visualisation non-iconique :

18'19, E2 : *Ben non puisque là c'est 89 degrés ! Donc elles se coupent forcément quelque part !*

E1 : *Non ! Non ! Trop pas, parce que le prof il l'a dit tout à l'heure, il a dit que c'est pas forcément si elles sont perpendiculaires à une même droite qu'elles sont parallèles.*

E2 : *C'est sûr et certain.*

E1 : *Et c'est ça qu'on est en train de voir.*

E2 : *Mais elles sont pas parallèles, là.*

E1 : *Elles sont... Elles sont peut-être pas parallèles, mais elles se touchent pas ! Donc : elles se touchent pas !*

E2 : *Parce qu'elles sont au dessus l'une de l'autre !*

E1 : *Et puis même, tu vois, elles sont... quoique regarde !*

E2 : *Si, regarde, elles sont pas... elle est là, et l'autre elle est là ! Je t'ai dit, c'est 89, les deux-là elles sont parallèles, mais pas...*

E1 : *Oui ok, mais c'est pas pour ça qu'elles doivent se toucher, tu vois !*

E2 : *Oui parce qu'il en aura peut être une au dessus de l'autre.*

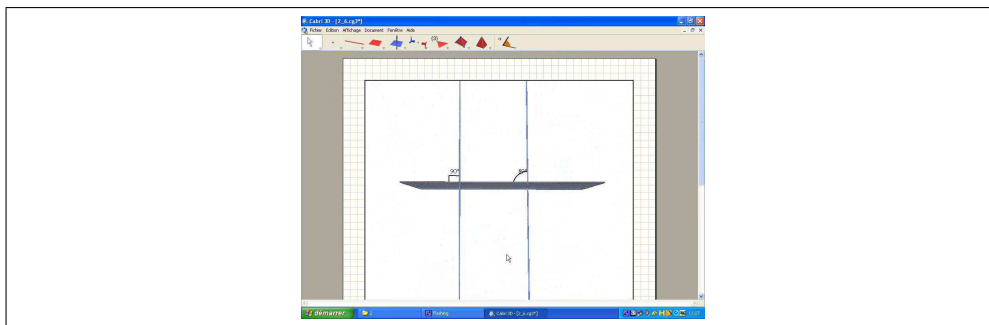


FIGURE 5.13 – Mesure de la double orthogonalité

La discussion ne porte ainsi plus sur les contrôles employés, mais sur leur bien-fondé, ce qui conduit E2 à une interprétation dans GII : *Mais parce que, en fait il y a deux trucs c'est : soit, de toute façon à la base elles sont pas parallèles, donc si elles sont pas parallèles et qu'elles sont sur le même plan, eh bien elles se croisent* (19'37). Pour sa part, E1 ne parvient pas à se détacher de l'impression visuelle pour interpréter la proposition de E2 : *Elles sont pas sur le même plan, elles sont dans l'espace !* (19'47).

Nouvel enjeu de l'activité

La phase de discussion déplace l'enjeu du problème vers les propriétés possibles pour les droites, et permet de formaliser un nouveau cas : *En fait notre problème c'est ça, c'est de voir si elles sont sur le même plan ou pas* (E3, 22'08). Cependant, il apparaît que cette formalisation n'est ni évidente, ni établie de manière stable.

L'interprétation du problème s'est rapprochée de la visualisation non-iconique puisque E1 s'appuie désormais préférentiellement sur la vérification de propriétés (par exemple S_{13} à 26'03), tandis que E2 et E3 se concentrent sur une formalisation dans GII du troisième cas observé.

Durant la fin de l'activité, E1 applique des processus qu'elle s'est appropriée au cours des deux premières parties, c'est-à-dire en substance, les processus employés par E2 au début de l'activité (construction directe, double orthogonalité). L'observation directe est moins prégnante, mais elle demeure présente et si E1 s'appuie sur la déconstruction instrumentale pour résoudre le problème, on ne peut affirmer que son point de vue soit celui de la visualisation non-iconique.

Pour E2, en revanche, l'activité est devenue secondaire, et est subordonnée à l'interprétation de la coplanarité. Elle initie alors des échanges avec E1 qui, dans ce contexte, oppose des arguments détachés du problème matériel et portant sur des caractéristiques *nécessaires* des droites :

28'31, E1 : *Parce que, de toute façon, la définition de deux droites qui sont parallèles, c'est deux droites qui ne se toucheront jamais, quoi... Mouais, elles se toucheront jamais, hein... Celles-ci non plus en fait.*

E2 : *Non, celles-ci c'est sûr. Mais parce que les autres, je te jure, ça m'obsède ce machin. Mais parce que, regarde, t'as deux droites... [semble prendre des stylos]. T'as deux droites comme ça. Mais, on peut pas savoir... Parce que... regarde, là t'as forcément un plan où... où elles... qui irait aux deux, tu sais... Elles, elles se toucheront jamais, c'est sûr, tant qu'elles sont parallèles.*

E1 : *Quoique, regarde.*

E2 : *Si elles sont comme ça...*

E1 : *Non non, regarde... Là si tu veux ça va continuer... tu vois... donc ça se peut qu'elles se coupent.*

E2 : *On peut faire un plan. Non parce que ça, ça peut pas descendre. Une droite c'est... droit!*

E1 : *Mais non mais si, si elle est comme ça, si, elle va...*

E2 : *Ah ouais si elle est comme ça et qu'elle est comme ça...*

E1 : *Ça continue, ça continue, vas-y vas-y vas-y vas-y...*

E2 : *Mais non parce que vu qu'elles... vu que... Ben non vu que le point d'intersection il est... [rires]*

E1 : *Non mais ça dépend, hein, regarde... Si là elle est comme ça, et là elle est comme ça, ben euh...*

E2 : *Ouais, mais non... En fait faut que ça fasse comme ça quoi [onomatopée : grésillement]. Mais là oui! Mais là elles se coupent pas. Mais... elles se coupent! C'est comme des droites qui se coupent...*

Les préoccupations de E2 consistent en fait en la recherche d'une déconstruction dimensionnelle, non du fait de la sélection des unités figurales, mais par la recherche des propriétés nécessaires décrivant les relations entre les droites.

Synthèse

Il faut, dans ce groupe, souligner l'évolution concomitante des processus de résolution, des opérateurs et contrôles employés, de l'interprétation du problème, ainsi que des interactions orales.

La première partie de l'activité permet aux élèves de réinvestir leurs connaissances. Pour E1, il s'agit essentiellement d'une détermination pratique, inscrite dans la visualisation iconique et GI, tandis que E2 fait appel à un travail dans GII limité aux configurations connues — et donc au plan.

La confrontation des deux points de vue contraint par deux fois E1 à appliquer de nouveaux processus de résolution pour convaincre E2 : construction du point d'intersection, puis vérification d'une double orthogonalité. Dans ces deux cas, E1 ne semble pas disposer de contrôles faisant référence à GII pour mettre en œuvre ces processus, elle ne se réfère qu'aux demandes de l'autre élève et à la répétition d'un processus susceptible d'apporter une réponse convaincante.

On voit ici que la répétition de ces processus et la confrontation à des indéterminations visuelles rendent l'étude instrumentée des configurations plus pertinente que l'étude purement visuelle, et les contrôles observés empruntent alors à des déconstructions instrumentales établies. En revanche, la visualisation iconique reste prédominante puisque les propriétés des objets matériels sont centrales, et que des arguments s'inscrivant dans GII n'interviennent que pour convaincre E1.

L'examen de configurations présentant des indéterminations visuelles, et des caractéristiques échappant à interprétation théorique dans GII, conduit en revanche E2 à déplacer l'enjeu du problème. Comme le résume la troisième élève, il ne s'agit plus d'étudier les droites proposées mais de caractériser les relations possibles entre deux droites de l'espace, ce qui n'a de sens que dans GII.

Ainsi, pour cet élève, l'évolution la plus marquante consiste en un changement de point de vue et de paradigme de référence. Initialement, des connaissances issues de GII permettaient de concevoir des processus pour l'étude des objets matériels, et ainsi la visualisation iconique appuyée sur une déconstruction instrumentale élaborée offrait des contrôles pertinents pour résoudre le problème posé. Finalement, le problème est interprété dans GII et c'est la visualisation non-iconique qui devient pertinente, la recherche de déconstructions instrumentales reste un enjeu principal, tandis que l'activité sur les configurations elles-mêmes n'est plus que le support de cette réflexion.

5.2.5 Cinquième groupe

On soulignera, dans ce groupe, l'altération progressive de connaissances de géométrie plane préétablies, et le rôle d'une étude instrumentale des configurations pour cette évolution.

Étude dans la cadre de la géométrie plane

L'activité est tout d'abord envisagée relativement à des connaissances de géométrie plane : deux droites se coupent si et seulement si elles ne sont pas parallèles, et ce parallélisme peut se vérifier par double orthogonalité. On retrouve ici encore des contrôles se référant à GII fortement présent (par exemple E1, 03'46 : "*Ouais ben. . . Tu le mets ? Elles sont pas perpendiculaires à un même truc, du coup*"), mis au service d'une étude des objets matériels. C'est donc S_7 qui est mise en œuvre pour résoudre I_{cop}^3 .

Recherche d'une interprétation

Dans un second temps (9'30 – 20'30), une intervention de l'enseignant² remet en cause le contrôle se référant à la géométrie plane, sans pour autant le déstabiliser :

09'34, E2 : *Si elles sont pas sur le même plan, même si elles sont pas parallèles, je crois qu'elles ne se coupent pas.*

E1 : *Ben pourquoi pas ?*

E2 : *Ben je sais pas.*

E1 : *Ben elles se couperont bien à un moment, quand elles sont parallèles elles. . . Si elles sont pas parallèles, elles se coupent !*

E2 : *Mais, c'est ce qu'il a dit tout à l'heure le prof.*

En revanche, l'indétermination visuelle à laquelle sont soumises les représentations remet en cause le contrôle par observation directe (σ^5 et σ^9), et

2. Les élèves font mention de cette intervention, sans que nous l'ayons relevée, et il s'agit probablement d'une intervention auprès d'un autre groupe.

conduit à envisager une mesure d'angle (S_8) pour assurer les propriétés. Pourtant, si cette stratégie semble mobilisable, elle n'est pas employée :

11'14, E2 : *Tu penses pas que ça peut être un effet d'optique ce truc-là ? Regarde, par exemple, tu, tu...*

E1 : *Oui mais là, elles sont pas parallèles, t'es d'accord ?*

E2 : *Non, mais regarde, par exemple t'es à la Bastille, t'es au sommet de la Bastille. Tu regardes le cours Jean Jaurès, eh ben tu le vois comme ça le cours Jean Jaurès alors que le cours Jean Jaurès il est... parallèle... et tu le verras comme ça !*

E1 : *Non mais là... Là elles le sont pas... Enfin, je sais pas, à la limite tu mesures les angles et tu fais une droite qui passe par là et là, et...*

La recherche d'un contrôle permettant de s'affranchir des indéterminations visuelles semble conduire à examiner le comportement potentiel des droites, puis (à partir de 15'17) la coplanarité. L'enjeu de la discussion devient alors de mettre à l'épreuve la connaissance de géométrie plane (16'13, E2 : “*Et si elles sont toutes les deux... chacune sur un plan différent ? Elles vont pas se couper.*” – “*Et si elles vont se couper, si elles sont pas parallèles, elles se couperont.*”), et l'activité matérielle ne fournit plus qu'un support pour mettre à l'épreuve leurs hypothèses. Cette activité se réduit fortement jusqu'à l'intervention de l'enseignant (20'30).

Étude de la coplanarité

L'enseignant met en évidence l'existence d'un cas de non-coplanarité (20'30 – 21'40), mais en l'absence d'une interprétation théorique suffisamment forte, c'est le contrôle visuel qui prévaut chez E1. Pour sa part, E2 propose une interprétation dans GII : “*Donc c'est... On peut résumer ça en disant que deux droites qui sont pas parallèles et pas sur le même plan, eh ben elles vont pas se couper.*” Ce contrôle n'est pas immédiatement pris en compte par E1, mais l'étude de configurations montre la défaillance du contrôle visuel σ^5 et conduit E1 à s'appuyer elle aussi sur l'étude de la coplanarité.

L'utilisation de ce contrôle permet à la fois de changer l'interprétation du problème (ainsi, dans l'étude de la configuration 2_3, de 24'54 à 26'09, il n'est plus question que de coplanarité), et d'interpréter les aberrations visuelles (23'57, E1 : “*Là je pense qu'on les voit du dessous. En fait, ce qu'il faut se dire, c'est qu'on n'est plus sur une feuille, c'est qu'on est dans l'espace.*”).

Cette transformation de l'interprétation du problème par l'émergence d'un nouveau contrôle transparaît notamment dans le second examen des premières configurations (31'44 – 34'10). On voit ainsi que ce sont les conditions

dans lesquelles les contrôles basés sur GII s'appliquent qui ont évolués : initialement, ceux-ci permettaient de résoudre un sous-problème, tandis qu'ils assurent la fonction de sélection pour la résolution entière à la fin de l'activité.

Dernière étude

À partir de 34'10 la dernière partie de la résolution, dans laquelle les élèves traitent par erreur un troisième groupe de droites où l'outil plan est supprimé, nous permet de confirmer ce passage fort vers la visualisation non-iconique. En l'absence de l'outil habituellement utilisé, c'est la double orthogonalité S_8 qui est utilisée pour résoudre le problème. L'élaboration *a priori* du processus est donc contrôlée par σ^{30} , fait ainsi appel à GII et relève de la visualisation non-iconique ; le travail sur le dessin lui sera subordonné. L'utilisation de la mesure d'angles σ^{13} témoigne cependant qu'en l'absence de meilleures procédures, des contrôles relevant de la visualisation iconique peuvent toujours être mobilisés sans contradiction apparente, mais la valeur des conclusions est alors plus limitée : “*Moi je pense qu'elles sont parallèles*” (E2, 39'15, nous soulignons).

Enfin, il faut souligner que cette dernière partie de l'activité fait appel à très peu d'actions dans Cabri3D, et c'est l'échange d'argumentaires qui occupe une majeure partie des tentatives de résolution.

Synthèse

La dynamique observée dans ce groupe est particulièrement éclairante sur les interactions entre visualisation iconique, visualisation non-iconique, déconstructions et paradigmes.

Les connaissances de géométrie plane ne permettant pas de prendre en compte les nouveaux cas, GI et la visualisation iconique sont dans un premier temps mobilisés pour interpréter et résoudre le problème posé. Ce travail permet aux élèves d'étudier les configurations, étude au cours de laquelle il apparaît à la fois que les informations visuelles ne sont pas fiables, et qu'une hypothèse théorique peut être validée.

Le contrôle théorique σ^{30} qui en découle permet d'abord de répondre à un sous-problème. Sa fiabilité conduit les élèves à s'appuyer sur celui-ci pour interpréter le problème posé, et la résolution entière s'opère du point de vue de la visualisation non-iconique, en s'appuyant fortement sur GII.

Ce renversement de point de vue est en outre stable, et à l'occasion d'une nouvelle difficulté — la disparition de l'outil “plan” —, l'activité discursive est privilégiée pour examiner les résolutions possibles, tandis que les produits

de l'observation visuelle sont jugés hypothétiques.

5.2.6 Sixième groupe

Dans ce groupe, on peut voir émerger une forte interaction entre un point de vue “iconique” prédominant, et des résolutions fortement liées aux outils de Cabri 3D. Peu à peu, c'est la déconstruction instrumentale qui devient centrale, même si l'enjeu reste très fortement lié aux objets matériels. La visualisation iconique contrôle l'interprétation du problème, et la résolution ne s'engage jamais dans une géométrie axiomatisée.

Observation naïve

Dans un premier temps, le problème est interprété relativement à une observation, et les droites sont sécantes “car on le voit” :

04'08, E2 : *Ben oui elles sont sécantes.*

E1 : *Mais comment tu vois ?*

E2 : *Parce qu'on voit qu'elles sont pas parallèles, et si elles sont pas parallèles, c'est qu'elles sont sécantes.*

E1 : *Mais non, mais il faut justifier... Donc, alors, elles sont sécantes, oui... Pourquoi ? Parce qu'on le voit. [rires]*

Si ce processus permet une résolution, il apparaît en revanche insuffisant pour justifier le résultat.

Mesure

La mesure est utilisée entre 5'16 et 10'12, pour justifier les observations : “Je sais ce qu'on peut faire. Tu mets une droite là, et une droite là, et regarde si elles sont de même mesure. Si elles sont de même mesure, ça veut dire qu'elles sont parallèles” (E1, 5'17). Deux droites de même direction sont ajoutées aux premières pour former un quadrilatère, ce qui permet de “mesurer” le parallélisme (ρ_{12}). Cependant, puisqu'il ne s'agit pas de l'étude de solides, le contrôle par la mesure σ^{13} est insuffisant pour proposer une résolution du problème, et des propriétés de la géométrie plane interviennent pour assurer la fonction de sélection (par σ^{31}), tandis que σ^{13} permet de les “vérifier numériquement” : “Eh ben que... droites parallèles... Non, ‘si...’ Les trucs, les propriétés qui sont toutes simples, là, c'est genre : si une droite elle est perpendiculaire euh... à une autre, alors elles sont parallèles entre elles. Donc si une droite elle est perpendiculaire à une autre, et que celle là elle l'est pas, elles sont pas parallèles !” (E2, 06'04)

GII intervient, ainsi que l'ajout de tracés, mais leur utilisation s'inscrit dans un processus conditionné par la visualisation iconique de type

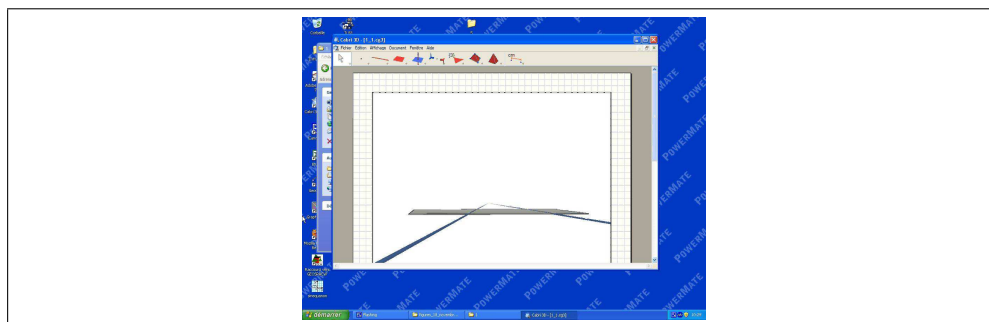


FIGURE 5.14 – Observation de deux droites coplanaires

“arpenteur-géomètre”. La mesure intervient *a priori* et *a posteriori*, les propriétés géométriques ne sont mobilisées que pour résoudre des sous-problèmes, et sont évacués dès que d’autres résolutions sont possibles. C’est par exemple ainsi que la double orthogonalité est abandonnée quand il apparaît possible de mesurer la distance entre les droites (09’03 – 09’50).

Construction

L’utilisation de processus constructifs permet, pour sa part, une résolution beaucoup plus rapide, et c’est la *possibilité de construction* qui est critère de validité. On retrouve ici S_2 , et on peut observer (10’40 : “Regarde : celle là, oui, elles sont sécantes parce qu’elles se croisent en un point. Regarde, même, on peut l’appeler...” ou 11’37 – 12’21) l’aspect instrumental prend le pas sur les mesures ou la reproduction de formes. La construction directe σ^{18} assure alors l’interprétation du problème, et donc la fonction de sélection, ainsi que la validation.

Lorsque les intersections ne sont plus visibles, des contrôles par construction de configurations (σ^{23} ou σ^{24}) vont eux aussi émerger pour pallier les imprécisions de la mesure (à partir de 16’36). Dans ce cas, le contrôle est bien plus élaboré puisqu’il fait appel à une configuration porteuse de propriétés pour assurer les relations entre les droites : un carré en premier lieu (17’44 – 18’07), puis un quadrilatère quelconque “possédant des diagonales” (19’16).

Ici encore, la réduction du problème à la géométrie plane conduit à une référence à GII.

On retrouve ici S_{13} qui fait bien signe vers une interprétation “non-icnique” et vers la présence de la déconstruction dimensionnelle, mais c’est pourtant toujours l’observation qui permet de conclure. Ce processus emprunte autant à ρ_{19} qu’à S_3 , et fait intervenir conjointement visualisation iconique, GI et GII. On retrouve, par la suite, cette coexistence dans des

résolutions où la double orthogonalité est vérifiée par une mesure d'angles.

Synthèse

L'évolution des processus de résolution témoigne ici d'une possibilité, pour les élèves, de mobiliser conjointement des contrôles profondément différents sans contradiction apparente. Il semble que, dans le cas de l'étude exclusive des propriétés de l'objet, un travail s'appuyant sur GII soit envisageable pour offrir de meilleurs observables.

Deux types de contrôles sont ici mobilisés, à des fins différentes :

- des contrôles faisant signe vers la visualisation iconique assurent la fonction de sélection permettant de répondre au problème dans sa globalité, et la validation à la fin de la résolution ;
- des contrôles s'inscrivant dans GII permettent de pallier les déficiences de la vision, en offrant des observables sur lesquels celle-ci peut s'appuyer.

On remarque donc que, si la visualisation iconique focalise l'activité sur les objets matériels, ne disqualifie pas totalement GII, et que l'emploi de ce paradigme peut en émerger sous de telles conditions.

5.3 Prismes : étude linéaire

Cette dernière expérimentation n'a eu lieu que dans une seule classe, avec des élèves travaillant par binômes. S'agissant d'une situation de reconstruction, elle est plus sensible à certaines particularités de la géométrie dynamique, dont les invariants du déplacement. Nous chercherons à montrer que la nécessité de travailler dans l'espace — et non plus dans le plan — opère en synergie avec cette reproduction d'invariants, et qu'il est alors possible d'observer l'émergence progressive de processus de résolution privilégiant un point de vue non-iconique et faisant référence à GII.

5.3.1 Premier groupe

On constate avec ce binôme que c'est la nécessité de travailler dans l'espace, et non plus dans le plan, qui conduit à faire apparaître l'utilisation de primitives géométriques. La reproduction d'une forme dotée de propriétés mécaniques sera, pour sa part, envisagée du point de vue de la visualisation iconique, mais s'appuiera sur l'utilisation de primitives et de processus de complexité croissante. Ce binôme travaille sur la configuration "cerf-volant".

Point de vue de l’“arpenteur-géomètre”

Le problème soumis à ces élèves est initialement interprété par des contrôles s’appuyant sur la forme (Fig. 5.15) et la mesure (σ^4 et σ^{11}), typiques de cette approche, assurant les fonctions de sélection et de validation. L’existence matérielle des objets est essentielle, et permet les opérations :

02’16, E2 : *Ouais, fais une droite comme ça... Enfin segment, segment!*

E1 : *Je peux pas!*

E2 : *Ouais, parce que t’as pas tracé de droite dessus. Attends, refais, c’est pas bon là.*

L’outil distance (r^{67}) est central, puisqu’il permet de contrôler le bon déroulement des constructions, comme le montre par exemple la construction du point a’ par ajustement successif de sa position (de 4’ à 6’).

On note, dans l’utilisation de cet outil, une certaine similitude avec une utilisation de la règle, en papier-crayon, puisque les mesures sont effectuées mais ne sont jamais inscrites sur le dessin.

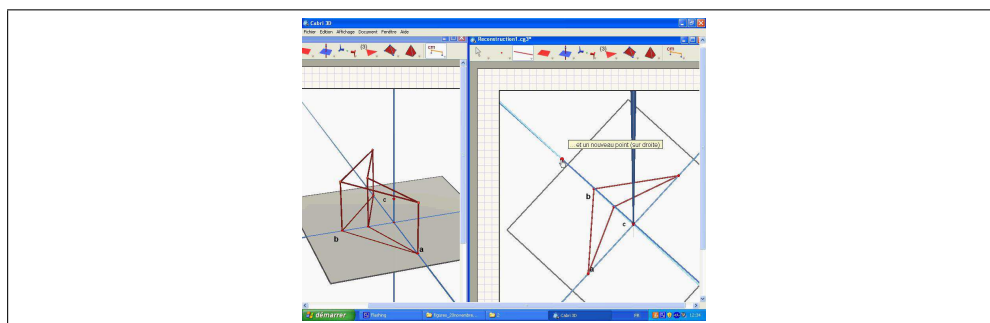


FIGURE 5.15 – Production de supports verticaux

Pourtant, le contrôle par la longueur est rapidement identifié comme peu précis — d’autant plus que les mesures ne sont pas inscrites —, et mis en cause par E2 :

8’12, E2 : *Oui mais après c’est pas précis!*

E1 : *Comment ça ?*

E2 : *Ce sera pas précis, si on bouge...*

Construction hors du plan

La construction de la forme hors du plan de base pose un problème d’efficacité : comment reproduire une forme donnée, dans l’espace ? L’ajustement constitue la première réponse, mais s’avère rapidement insuffisante.

Ajustement

La construction de la face supérieure pose davantage de problèmes, notamment pour placer les points. On voit ainsi apparaître rapidement la mention de propriétés caractéristiques pour contrôler les formes ou les directions. Ainsi, quand E2 annonce “*C’est sur le point c, là ! Et là, il faut qu’on fasse perpendiculaire. . .*” (10’08), l’orthogonalité est censée permettre la construction correcte d’une droite support (Fig. 5.16). Il ne s’agit cependant que de propriétés très simples, et l’usage de primitives géométriques — orthogonalité, ou parallélisme à 10’46 — se fait en référence à un contrôle de forme σ^4 : “*Trop pas, regarde comment elle part en descente !*” (E2, 10’37).

Ajustement, transformations et mesure

L’enseignant souligne le rôle de c dans la construction, et des effets de son mouvement dans la validation. Le mouvement n’est pas immédiatement pris en compte, et c n’apparaît que comme “au milieu des deux plans”. Le contrôle par la mesure conduit donc à envisager le report de mesure par r^{51} , ce qui fait signe vers une interprétation et une réalisation exclusivement conditionnée par la visualisation iconique.

On peut observer, de 13’27 à 22’07, qu’il est très délicat de reproduire les propriétés de forme et de mesure dans l’espace par ajustement : ainsi, le plan de la face supérieure est ajusté plusieurs fois, sans succès (18’07, E2 : “*Fais ctrl-Z, ça sert à rien, c’est penché, là !*”). Si l’opérateur d’ajustement d’un point dans le plan (r^{14}) était opératoire, ce n’est plus le cas de l’ajustement d’un plan (r^{39}) qui est pourtant soumis au même contrôle.

La production de supports de construction permet en revanche de rendre de nouveau opératoire le contrôle visuel, et cette résolution est privilégiée : l’ajustement s’exerce sur des plans “verticaux” qui permettent de réduire le degré de liberté, et l’ajustement peut alors s’exercer sur ces plans (22’42 – 25’26). Cependant, ce processus s’avère coûteux et peu fiable, ce qui provoque son abandon.

La symétrie apparaît comme un moyen efficace de contrôler la construction de ces supports : “*En fait je sais, il faudrait aller là et faire des droites comme celle-là ici [(Oc)]. Par symétrie, on peut le faire, représenter cette droite à partir de ce point là [b].*” (E1, 26’16) Son utilisation semble validée exclusivement par la forme du résultat, et l’anticipation théorique est très faible : si on peut envisager une déconstruction instrumentale — “*le symétrique d’une droite verticale par rapport à un point du plan est vertical*” —, le contrôle ne renvoie pas à GII.

La symétrie offre ainsi un instrument permettant la construction de droites dont la direction est contrôlée, sur lesquelles l’ajustement devient opératoire.

Contraintes extérieures à la forme

L'utilisation de la symétrie met en évidence la nécessité d'un fort contrôle *a priori* des constructions. Ainsi, de 28'49 à 30'03, on peut voir l'évolution suivante :

- (i) placer la droite par symétrie, le centre étant construit à la volée, ce qui conduit à un échec (28'49, et, “*Mais pourquoi ça se... ça s'en va pas...*”);
- (ii) il est nécessaire de placer auparavant le centre de symétrie — c'est-à-dire le centre de [Oa] — pour un meilleur contrôle de la construction (29'03 – 29'54 : E1 construit le centre de symétrie, E2 : “*Mais pourquoi t'as mis des points, là, ils nous servent à quoi ?*”);
- (iii) le processus suivant est répété : “pour construire une droite verticale, placer le milieu du segment adéquat, puis construire le symétrique”.

La dernière étape de cette évolution consiste donc en l'utilisation d'une déconstruction instrumentale dont la finalité et le contrôle ne sont soumis qu'à la production d'une forme (σ^4) et à la répétition d'une construction jugée valide (σ^{22}).

La déconstruction instrumentale est donc uniquement mobilisée à des fins de résolution de sous-problèmes, tandis que la fonction de sélection et de validation relatives à l'intégralité du problème est essentiellement assurée par un ou plusieurs contrôles relevant de la visualisation iconique — par exemple, identité de forme (31'38 – 35'17) ou de mesure (35'28 – 36'18).

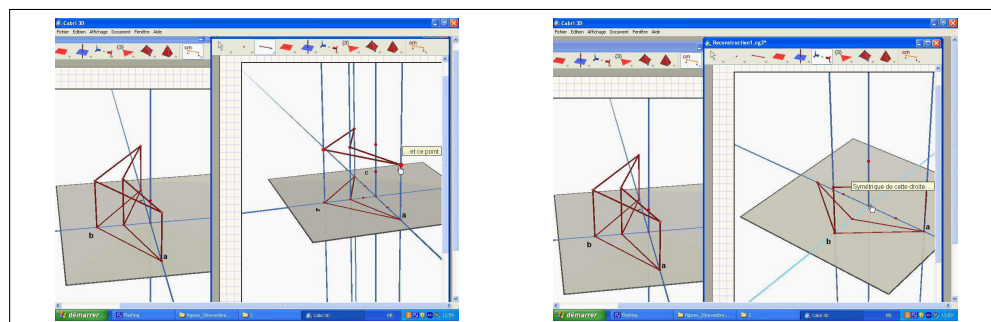


FIGURE 5.16 – Constructions par ajustement et par intersections

Cette déconstruction instrumentale permet finalement d'envisager des relations de dépendance entre les objets, et ainsi la suppression d'un argument d'une transformation — le centre de symétrie — est associée par E1 à la suppression de l'image : “Si tu supprimes ce point, ça nous supprime notre droite” (E1, 37'27). Cette observation n'est plus ici l'expression d'un contrôle iconique (σ^4 ou σ^{11}), mais témoigne d'une attention portée aux relations existant entre les objets du fait d'un processus de construction : il

s'agit donc bien d'une déconstruction instrumentale qui, outre la reproduction d'une technique efficace, permet d'interpréter certaines dépendances et fait donc signe vers la visualisation non-iconique.

Synthèse

Il est ici possible d'étudier certaines conditions d'apparition de la déconstruction instrumentale dans un binôme dont l'activité était initialement tournée vers la reproduction de formes.

En dépit des contraintes portant sur les invariants du déplacement, la reconstruction par ajustement apparaît comme valide et efficace dans le plan. La reproduction du même processus hors du plan de base n'est en revanche plus opératoire, et il devient nécessaire de lui offrir des supports de dimension moindre.

Il est difficile de construire par ajustement des supports dont la direction serait contrôlée, et les primitives géométriques offrent des constructions plus efficaces, dont la direction est conjointement assurée par la déconstruction instrumentale et un contrôle visuel.

Finalement, l'usage de l'opérateur de symétrie semble mettre en évidence la dépendance de l'image vis-à-vis des antécédents, et les relations de dépendances sont envisagées par E1. La déconstruction instrumentale, faisant appel à des transformations, fait ainsi rapidement signe vers la visualisation non-iconique en intégrant des relations qui relient entre elles différentes unités figurales.

5.3.2 Deuxième groupe

L'observation de ce groupe diffère dans la mesure où, *a posteriori*, il est possible d'affirmer qu'un raisonnement s'inscrivant dans GII pouvait être mobilisé. Cependant, cela n'a rien d'immédiat, et il apparaît une résolution initialement centrée sur la forme des objets qui évolue peu à peu vers la visualisation non-iconique.

Reconstruction de formes

Initialement, l'attention est focalisée sur les formes pour identifier des configurations connues (E1, 09'08 : “*On a un rectangle-carré bizarre...*”) que les primitives géométriques permettent de reconstruire : “*Ensuite, donc là c'est ce segment (repère [ab] sur le modèle). Ensuite on fait deux segments perpendiculaires...*” (E2, 10'23).

En revanche, de telles configurations ne sont plus reconnues hors du plan, et c'est le contrôle par la mesure σ ¹¹ qui prend le pas pour identifier

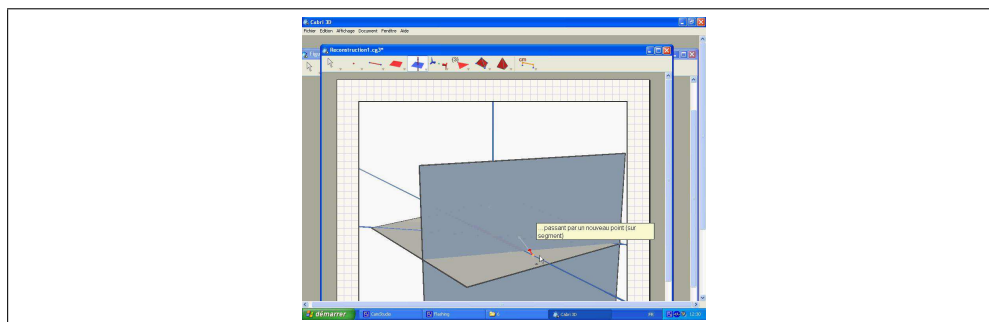


FIGURE 5.17 – Constructions de supports

les caractéristiques à reproduire. Comme dans la situation précédente, le passage de la géométrie plane à la géométrie dans l'espace s'accompagne d'un abandon de GII, faute de connaissances suffisantes. Ainsi, entre 18'17 et 20'48 :

E2 : *Comment tu connais la longueur ?*

E1 mesure sur le modèle l'arête verticale passant par a : 2.8cm

E1 : *Et voilà, on va le voir bientôt, entre le point a et...*

Ouverture du fichier de reconstruction, comportant une droite verticale passant par a.

E1 : 2,8 cm. Alors, je ferai un... Attends, segment...

[...] E1 construit un point sur la verticale passant par a

E1 : *Monsieur ? Comment on fait pour choisir la longueur, parce que là je peux le déplacer mais je peux pas...*

Les primitives géométriques, notamment l'orthogonalité, n'ont pour fonction que de construire des supports à l'ajustement. Les opérateurs r^{67} et r^4 , employés séparément — pour l'étude — ou conjointement — pour la reconstruction — sont, pour leur, part exclusivement dirigés vers la mesure et la reproduction de longueurs caractéristiques. Ceci fait donc signe vers la visualisation iconique de type “arpenteur-géomètre” qui conditionne intégralement la résolution, en s'appuyant sur la déconstruction instrumentale pour produire des supports. En particulier, l'interprétation du problème est donc I_{cons}^2 .

Cette construction est déstabilisée à la suite de l'intervention de l'enseignant, qui mentionne le rôle du point c et des invariants du déplacement. Cette absence de prise en charge des “mouvements” est immédiatement interprétée comme un manque de contraintes portant sur la construction : “Ah, ben tu dois mettre des informations en plus pour que...” (E2, 21'18).

Passage de la mesure à la déconstruction instrumentale

La mesure intervient ensuite pour étudier les caractéristiques du point c , et permet de mettre en évidence qu'il s'agit de "la moitié" (5.18) :

21'53, E1 : *Attends, mais ça... Il faut regarder la distance, attends, stop. Faut regarder la distance entre ce point [c] et ce point [O].*

Mesure de Oc : 1.4cm, soit la moitié d'une arête verticale.

E1 : *1,4, donc c'est la moitié!*

Cependant, E2 souligne que ces informations sont insuffisantes pour reproduire le mouvement observé : "Regarde, là. Y a pas un truc qui dit que les deux ils sont reliés, tu vois ?" (21'40), puis, "Comment tu fais pour... genre quand tu bouges le point c , tous les autres ils bougent ?" (22'20).

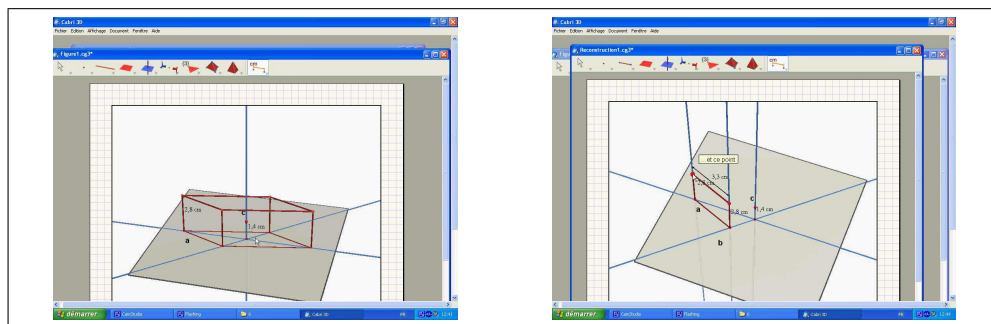


FIGURE 5.18 – Observations et constructions s'appuyant sur la mesure

Ce problème est de nouveau identifié par E2 quand E1 propose une nouvelle reconstruction basée sur la reproduction de longueurs (22'25 – 25'09) : "C'est pas relié, tu vois ? On sent pas le... hum, il manque quelque chose..." (E1, 25'14). On observe ici que l'interprétation mécanique des phénomènes observés sur le modèle, par le test de fonction σ^{27} , conduit E2 à rechercher un nouveau contrôle permettant de reproduire ce phénomène.

Si E1 semble attaché aux formes observables (25'40 : "Il faut que tu fasses un plan, là, parallèle au plan"), E2 associe ces phénomènes au respect de propriétés qu'il cherche à reproduire, comme en témoigne son échange avec l'enseignant (27'50 – 28'17) :

Ens. : *Vous, ça fonctionne ?*

E2 : *Oui. Mais on n'arrive pas.*

Ens. : *Vous arrivez pas à quoi ?*

E2 : *À correspondre les points ici et... mais d'abord, il faut construire d'abord la figure ou pas ?*

Ens. : *C'est-à-dire ?*

E2 : *Faut construire d'abord la figure et après mettre des propriétés qui fait que quand on augmente le point. . .*

Ens. : *Ben disons que quand tu les as définis, tu peux plus trop y toucher, quoi. Donc il faut que tu trouves un moyen, à la base, pour. . .*

E2 : *Ah donc faut le faire d'abord, faut pas construire, d'abord.*

La symétrie centrale apparaît sur proposition du troisième élève, et est immédiatement interprétée par E2.

On remarque ici l'interaction d'un contrôle par la forme et les mesures dont le rôle est dès lors limité à l'étude du modèle, un contrôle par le test de fonction mettant en évidence un phénomène mécanique à reproduire, et un contrôle s'ancrant dans GII et la déconstruction dimensionnelle qui permet de déduire une déconstruction instrumentale adéquate. On retrouve le travail conjoint dans GI et GII, ainsi que certaines des interactions que nous avons postulées en 2.16 (p. 96). En particulier, on voit que les différents points de vue sur le dessin peuvent coexister car leurs fonctions sont distinctes.

Utilisation des symétries

À partir du moment où la symétrie apparaît pertinente, E2 refuse l'utilisation des opérateurs et contrôles liés à la mesure pour la reconstruction : leur rôle est limité à l'étude du modèle. Ce point de vue lui permet d'anticiper sur l'échec de la reconstruction entreprise par E1 — par ajustement — et sur la validité de ses propres reconstructions (32'12 : “Pffff. . . Bon, tu me dis quand t'auras pas trouvé, hein, comme ça je vais le faire et on va y arriver. . . Parce que là, on avance pas !”).

L'utilisation de la symétrie par E2 est par la suite très efficace (à partir de 36'15) et fait intervenir un contrôle visuel très faible dans la mesure où la position des points construits, hors du plan de base, est très difficile à déterminer (Fig. 5.19). Il apparaît ainsi que ce processus de résolution s'appuie sur la déconstruction dimensionnelle (σ^{30}) pour produire une déconstruction instrumentale dont les résultats et la validité sont anticipés. En outre, le contrôle par déplacement σ_{cons}^3 devient un mode de validation privilégié (E2, 37'10 : “Non, maintenant on bouge le point c pour voir ce qu'il se passe !”).

Une approche non-iconique semble ainsi s'être stabilisée, et de fait, l'interprétation du problème est totalement différente puisqu'il s'agit bien de I_{cons}^4 .

Synthèse

On constate, *a posteriori*, que E2 était en mesure de mobiliser des propriétés géométriques et la déconstruction dimensionnelle du prisme, mais

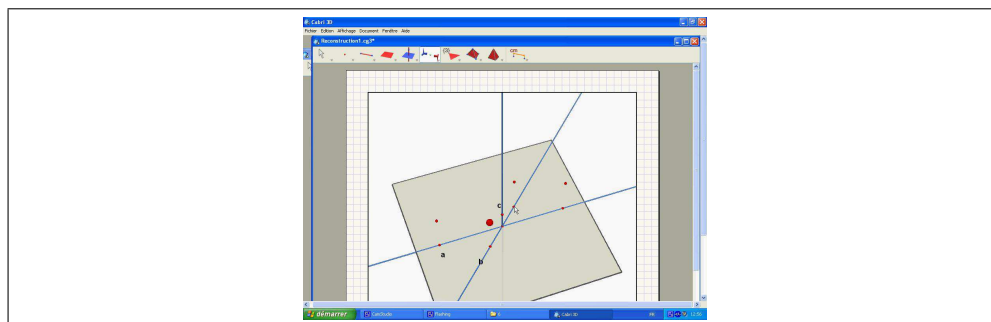


FIGURE 5.19 – Construction par symétrie avec un faible contrôle visuel

qu'il n'en voyait pas initialement la pertinence.

La recherche d'un meilleur contrôle visuel a, dans un premier temps, conduit ces élèves à utiliser des primitives géométriques simples, engageant une première ébauche de déconstruction instrumentale afin de traiter le sous-problème de la construction contrôlée de supports. En revanche, l'étude du mouvement simultané des objets, mis en avant par l'intervention de l'enseignant, conduit à mobiliser l'opérateur de symétrie et un contrôle théorique.

Dès lors, l'interprétation du problème, les contrôles assurant la fonction de sélection, et les conditions de validation, sont bouleversés puisque c'est la visualisation non-iconique qui s'avère pertinente pour résoudre le problème posé.

5.3.3 Troisième groupe

Le déplacement est immédiatement envisagé par les élèves de ce groupe comme un élément important de la résolution. Cependant, il semble que la configuration soit trop complexe — un prisme à base cerf-volant — et contrarie leur recherche d'un moyen efficace pour produire les invariants, voire même la forme elle-même.

Invariants du déplacement

L'enjeu initial porte sur la gestion du déplacement : comment bouger les points, et pourquoi observe-t-on des mouvements simultanés ?

On observe que le test de degré de liberté n'est pas construit, puisque l'impossibilité de déplacer des points n'est pas interprétée :

02'04 E1 tente de déplacer les différents points du polyèdre

E1 : *Attends, mais ça bouge pas, il y a un problème! [...] Monsieur, comment on fait pour déplacer un point ? Parce que là...*

En outre, aucun contrôle — relevant de GII ou d'une déconstruction instrumentale — n'est disponible pour interpréter les phénomènes :

3'37, E2 : *Ben c'est un truc de fou, ça !*

E1 : *Vas-y, mais comment on va faire ça ?*

E2 : *Ben en fait le truc, c'est de faire un truc pareil. . .*

Sous l'influence d'un binôme voisin, la construction par symétrie est mentionnée mais, à défaut d'un contrôle adéquat, c'est la construction d'un cube — l'exemple présenté au tableau en début de séance — qui est entreprise. Le problème du lien mécanique entre les points est envisagé pendant les neuf premières minutes (07'54, E2 : *“Et si on bouge, eh ben ça va. . . faire. . . [. . .] En fait il faut qu'on fasse ça, ça. . . Il faut qu'on fasse, les deux là [b et c] il faut qu'ils se rejoignent”*), mais en l'absence d'une interprétation l'attention des élèves se focalise sur la forme, et c'est ainsi σ^4 qui permet l'interprétation du problème en assurant la fonction de sélection.

Reproduction d'une forme

Au delà de la dixième minute, c'est la production d'une forme régulière qui est entreprise, à l'aide du seul ajustement (r^{14}) et du contrôle visuel de la forme (σ^4). Ce processus produit peu de résultat ; aussi, les élèves cherchent à employer les outils de Cabri 3D pour mieux contrôler les formes produites et assurer une régularité au tracé : “boîte XYZ” (11'55), cube (12'50), carré (14'56, voir Fig. 5.20) . . . L'objet est envisagé comme “un assemblage de triangles et d'une plaque”, et n'est identifié que par sa forme : *“Oui, non mais maintenant. . . attends. . . Ah oui c'est ça ! Regarde, si tu fais plein de triangles comme ça, et après t'auras. . . tu fais des triangles dans l'autre sens. ou tu mets une plaque au dessus.”*

L'usage de ces outils est peu efficace et la difficulté de l'ajustement dans

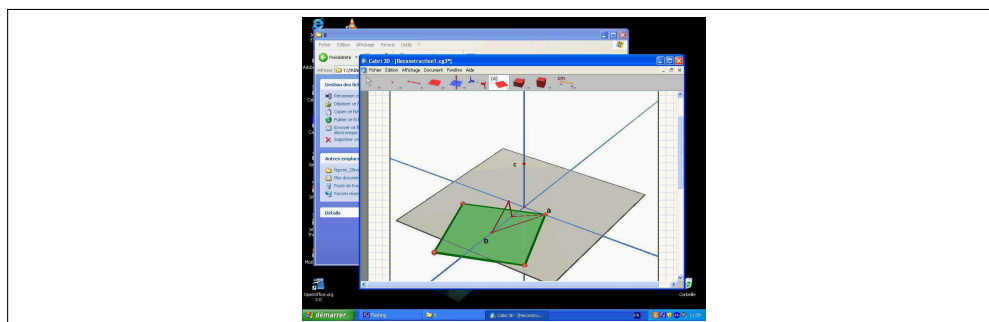


FIGURE 5.20 – Production d'une forme régulière servant de base à la construction

l'espace incite les élèves, comme dans les groupes précédents, à construire des supports à l'aide de primitives géométriques qui en contrôlent la direction.

La construction d'une forme par ajustement n'est ainsi pas liée à une approche initialement basée sur la visualisation iconique, mais elle est plutôt une conséquence de l'incapacité des élèves à dégager un processus de résolution à l'aide de leurs connaissances. Ainsi E1 répondant à l'enseignant signale les échecs successifs de différentes tentatives : “*Ben on a essayé de faire des plans, on a essayé de faire de la symétrie — on n'a pas réussi —, on a essayé de faire une forme, avec ça avec ça on n'a rien réussi, avec les centimètres on a utilisé mais ça a pas marché, enfin plein de trucs on n'a pas réussi.*”.

Construction du prisme rhombique

À partir de 28', le modèle a été remplacé par un prisme rhombique, plus simple. Dans ce cas, les élèves cherchent à reproduire la forme, par construction de supports et ajustement de la position des sommets. Cette construction étant peu efficace elles cherchent, comme dans le cas précédent, à s'appuyer sur les outils de Cabri 3D, et notamment “boîte XYZ”. Contrairement à l'approche initiale de la première figure, c'est dans ce cas la visualisation iconique qui préside à l'interprétation du problème, ce qui traduit un renversement du point de vue de ces élèves. La mauvaise qualité des informations visuelles contribue néanmoins à susciter l'utilisation de primitives géométriques.

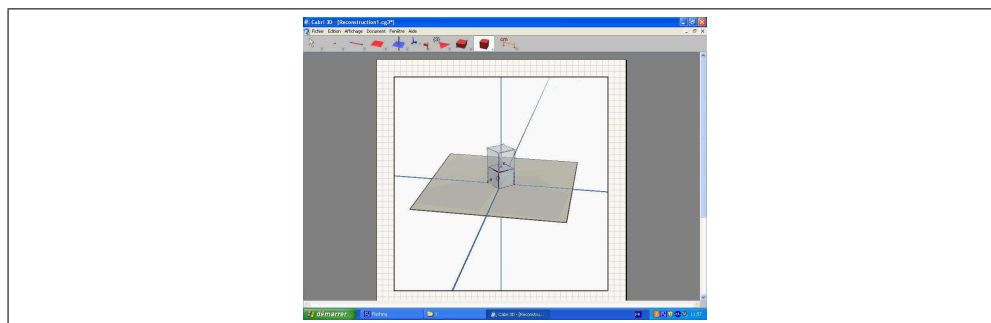


FIGURE 5.21 – Observation des réactions du modèle et de la reconstruction lors du déplacement de c

La tentative de validation des reconstructions souligne cependant le rôle du point c , et l'étude du modèle fait apparaître le mouvement simultané de points (Fig. 5.21) :

33'16, E1 : *Donc il faut monter le point c ... [...] Ça marche pas.*

E2 : *C'est surtout que le point a et b bougent pas avec.*

E1 : *Ouais, ben ouais !*

E2 : *Mais y a pas, regarde, tu peux pas...*

E1 : *Non non... Bon je sais pas, tu sais quoi ça commence à me casser les pieds.*

E2 : *Moi je pense qu'il faut que tu... que les points a et b tu les remette comme ils étaient au départ, et c'est le cube que tu vas améliorer.*

E1 : *Je te jure, c'est incroyable que j'y arrive pas, ça m'énerve !*

La recherche d'un mode de construction permettant de "lier" les points a, b et c conduit alors à la mobilisation des vecteurs et de la translation :

36'43, E1 : *y a pas les vecteurs ?*

E2 : *Si, c'est dans l'autre.*

E1 : *Comment ça c'est dans l'autre ?*

E2 : *Non, y a vecteur, la dernière fois on l'a utilisé !*

E1 : *Bah, translation !*

Il est donc nécessaire de faire intervenir un contrôle théorique pour une utilisation correcte de la translation, ce qui fait signe vers GII. De plus, on ne peut affirmer que la visualisation iconique dirige toujours l'interprétation du problème, puisqu'il ne s'agit plus seulement ici de reproduire une forme, et que le test de résistance au déplacement est utilisé et invalide la construction (37'35 – 38'52).

Synthèse

Ce groupe s'avère particulièrement intéressant, en raison de ses tentatives de résolution portant sur deux configurations distinctes.

Dans le premier cas, la configuration "cerf-volant" est trop complexe pour permettre sa déconstruction dimensionnelle, ce qui provoque une nouvelle interprétation du problème par la visualisation iconique. Dans le second cas, en revanche, le prisme rhombique est plus simple et on constate l'évolution inverse : la déconstruction instrumentale apparaît, puis s'enrichit de considérations relevant de GII, et le contrôle par déplacement est finalement pris en charge.

Ainsi, visualisation iconique ou visualisation non-iconique peuvent être mobilisés par les élèves, selon la difficulté posée par le problème posé, et ces deux appréhensions du dessin ne s'excluent pas mutuellement.

En outre, cette observation souligne la complexité des objets étudiés constitue une variable didactique essentielles des situations proposées, puisqu'une faible variation peut considérablement influencer sur les caractéristiques du milieu et la pertinence de la visualisation non-iconique.

5.3.4 Quatrième groupe

Les élèves de ce groupe mettent en œuvre deux types de résolution : une reproduction de forme par ajustement, et une reproduction des propriétés

dynamiques par symétries. On observera ainsi que même si les élèves sont en mesure de s'appuyer sur des considérations relevant de GII, la visualisation iconique peut conditionner l'interprétation du problème.

Construction d'une forme

Initialement, des formes sont identifiées comme enjeu de reconstruction, et les mesures sont réalisées pour assurer la validité finale. L'interprétation du problème relève donc d'une approche "arpenteur-géomètre", même si les symétries sont mentionnées (14'04, E1 : "*Mais c'est quoi ces symétries de fou, là ?*").

Peu à peu (par exemple de 21'35 à 21'55) diverses instrumentations des outils visent à mieux contrôler la forme des constructions. Ainsi, l'utilisation de l'outil "boîte XYZ" ne fait pas appel à r^{62} , mais consiste en un usage par "essai-erreur" contrôlé par l'identité de forme σ^4 afin de construire des quadrilatères verticaux (Fig. 5.22).

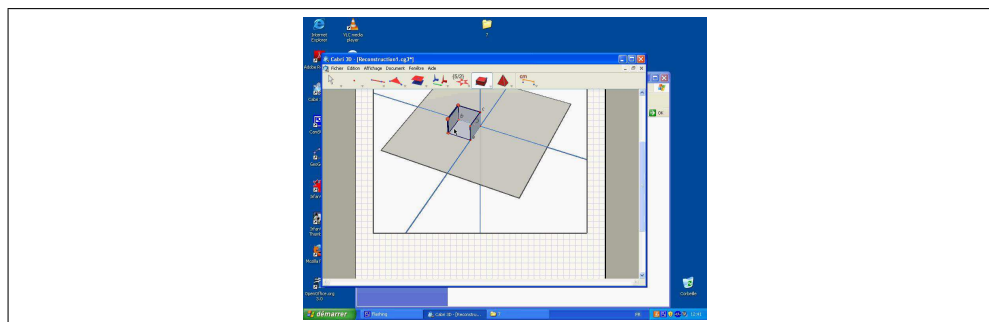


FIGURE 5.22 – Production de faces verticales avec l'outil "Boîte XYZ"

Utilisation des symétries

L'outil "symétrie" est observé par E1 parcourant les menus, et est immédiatement utilisé par les deux élèves à partir de 24'04, sans tentatives par essai-erreur (Fig. 5.23). Les sommets de la base sont ainsi construits en moins de vingt secondes (24'23 – 24'41), et les autres constructions sont anticipées : "*Voilà. Déjà on a tous les points. Après, il faut faire tout simplement le symétrique de a par rapport au point c...*" (E1, 24'42). Le processus s'appuie donc sur la déconstruction dimensionnelle de la configuration proposée, pour élaborer une déconstruction instrumentale efficace.

En outre, si le contrôle par la mesure σ^{11} participe de la validation dans un premier temps, celle-ci s'effectue rapidement par déplacement des points (σ^{28}) et observation des invariants. Ce dernier contrôle permet d'identifier

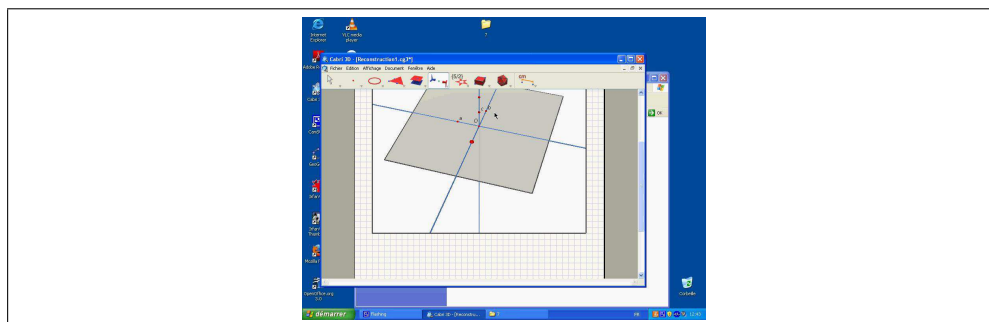


FIGURE 5.23 – Constructions par symétries : peu d'informations visuelles

la symétrie centrale dans le mouvement coordonné de points et assure ainsi la fonction de sélection.

Synthèse

L'interprétation du problème a donc été profondément modifiée au cours de l'activité, initialement centrée sur la forme et se déplaçant vers la production de liens reliant les différents sommets. Ces liens sont pris en charge par un travail s'inscrivant dans GII, et la déconstruction dimensionnelle permet l'identification des symétries.

Pourtant, l'évolution a été très rapide, et on ne peut affirmer qu'il s'agit de l'émergence de la déconstruction dimensionnelle au cours de la résolution. Sous les contraintes du milieu, celle-ci a été mobilisée en lieu et place de la visualisation iconique.

Nous retrouvons ici une hypothèse fondamentale de notre travail, selon laquelle un travail sur la figure est généralement mobilisable par des élèves de Seconde, mais n'est pas jugé pertinent pour résoudre les problèmes de géométrie. Ce type de situation semble donc, dans le cas présent, susceptible de faire apparaître la déconstruction dimensionnelle comme pertinent, même pour un problème de construction.

5.4 Synthèse des résultats expérimentaux

L'analyse des observations en classe permet de dégager, binôme par binôme, des résultats semblant confirmer certaines de nos hypothèses. Elle donne à voir des résultats "statiques" — à un instant donné, l'élève mobilise conjointement reconnaissance de forme et déconstruction dimensionnelle — ainsi que des résultats "dynamiques" témoignant d'une évolution.

Cette partie sera consacrée à mettre en évidence les principaux résultats se dégageant de nos observations, et à étudier quels éléments de réponse ils apportent à nos hypothèses de recherche.

5.4.1 Coexistence de différents modes de fonctionnement

Cette coexistence propose un premier éclairage sur les interactions entre visualisation iconique, déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle ; elle est donc relative à la sixième hypothèse. Il s'agit certainement du constat le plus général dans ces observations.

Dans des processus de résolution distincts

Dans la première activité, la majorité des binômes observés ont employé à la fois des méthodes reproduisant des formes et d'autres reproduisant des propriétés. Cependant, l'énoncé était imprécis quant à la nature de la reconstruction, ce qui ne permet pas de tirer de conclusion forte.

En revanche, dans le dernier groupe observé (5.3.4, p. 231), un travail sur la figure est mobilisé antérieurement à l'action dans Cabri 3D à proprement parler ; c'est pourtant la visualisation iconique qui a donné lieu aux premières tentatives de résolution. Le passage brusque vers la visualisation non-iconique, tant du point de vue de la résolution que de la validation, signale ainsi que ces deux approches ont des domaines de fonctionnement distincts, mais sont toutes deux jugées valides.

Concernant la reconstruction d'un prisme, les élèves du troisième groupe (5.3.3, p. 227) s'appuyaient, en revanche, initialement sur la visualisation non-iconique avant que la difficulté de l'exercice ne les conduise à privilégier la reproduction de la seule forme. Deux types de résolution étaient donc disponibles, mobilisés selon leur efficence.

Dans le même processus de résolution

Cette coexistence est peut-être plus frappante encore si l'on observe les processus en eux-mêmes, dans la mesure où un grand nombre d'entre eux font intervenir conjointement visualisation iconique et visualisation non-iconique.

Ainsi, le groupe 5.1.8 (p. 195) s'appuie sur un processus visant explicitement à reconstruire la forme du cube — par la construction de trois triangles rectangles —, mais la construction de chaque triangle est contrôlée par un contrôle relevant de la déconstruction dimensionnelle — “*Avec des cercles !!!*”.

Ce type de coexistence se retrouve à de nombreuses occasions, comme dans 5.2.6 (p. 217) où GII est mobilisée pour résoudre des sous-problèmes alors que l'enjeu est l'étude d'une forme, ou encore 5.3.3 (p. 227) dans lequel aucune approche n'est privilégiée afin de construire la forme d'un prisme.

Le rôle dévolu aux différents contrôles peut être inversé et dans le groupe 5.2.2 (p. 199) un travail sur la figure — s’inscrivant donc dans GII — permet d’envisager la non-coplanarité, mais ne donne lieu qu’à un constat perceptif.

Des conséquences du point de vue didactique

Ainsi, si ces distinctions sont éminemment pertinentes du point de vue de l’observateur et des enjeux d’apprentissage, elles ne sont pas pour autant contradictoires dans le processus de résolution, ne s’excluent pas et peuvent intervenir simultanément ou successivement dans le processus de résolution. Cette première observation permet d’envisager des interactions, et un travail de construction peut être pertinent pour susciter l’apparition de la déconstruction instrumentale et la déconstruction dimensionnelle, quand bien même cette construction serait initialement interprétée sous le prisme de la visualisation iconique.

5.4.2 Visualisation iconique et géométrie dans l’espace

La déstabilisation de la visualisation iconique par un travail dans Cabri 3D apparaît comme un invariant des trois situations étudiées. Cependant, les raisons de cette déstabilisation sont multiples, liées à la géométrie dans l’espace ou à des caractéristiques propres à la situation.

Opérationnalité de l’observation visuelle

Le défaut de fiabilité de l’information visuelle apparaît dès les premières tentatives de résolution dans tous les groupes observés, à l’exception de ceux s’appuyant exclusivement sur un travail dans GII.

Citons pour exemple le groupe 5.1.4 (p. 190) qui entreprend ce type de construction durant la première demi-heure d’activité, avant de renoncer, sans parvenir à produire une forme jugée convenable : “*De toute façon on ne voit rien. . .*” (16’06, E2). L’échec des reconstructions directes de polyèdres (5.1.8) abonde lui aussi dans ce sens.

Ce manque de fiabilité est au fondement même de la seconde situation, et donne lieu à la fois à des indéterminations (par exemple 5.2.2, p. 199 : *Non mais là. . . Là elles le sont pas. . . Enfin, je sais pas, à la limite tu mesures les angles et tu fais une droite qui passe par là et là, et. . .*) et à l’identification d’indéterminations visuelles, comme le groupe 5.2.3 (p. 203) qui identifie les effets d’une représentation en perspective.

Cette difficulté a pour conséquence un mauvais contrôle de la position d’un objet dans l’espace, notamment pour sa construction ou l’ajustement de sa position. La première situation en a fourni plusieurs exemples, et le problème de reconstruction d’un prisme l’illustre lui aussi de manière frappante.

Ainsi, les élèves du premier groupe observé (5.3.1, p. 219) construisent la base du prisme par ajustement, mais ne parviennent plus à appliquer cette construction dans l'espace, ce qui les contraint à construire des supports adéquats. On retrouve par ailleurs ce phénomène dans les groupes suivants.

Notons enfin que la mesure ne permet pas de pallier ce défaut de visualisation, puisque l'ajustement de la position d'un point dans l'espace échappe généralement à tout contrôle. Il est ainsi difficile de reproduire une mesure par ajustement dans l'espace, comme en témoignent les échecs successifs du groupe 5.3.2 (p. 223) à construire le plan portant la face supérieure du prisme, et les constructions ne s'appuyant que sur des informations relatives à la forme ou la grandeur sont fortement contrariées.

Problème de fiabilité des résultats

Il est nécessaire de préciser ce premier constat, en soulignant que les indéterminations visuelles ne sont pas nécessairement perçues par les élèves n'ayant pas à placer des objets hors de tout support. La seconde situation, qui met en jeu l'étude de configurations et non une construction, permet ainsi de s'appuyer sur le seul constat perceptif pour résoudre le problème posé sans qu'une invalidation soit perceptible.

Ainsi, pour le groupe 5.2.4 (p. 207), les indéterminations ne sont pas perçues par E1 — ou sont ignorées — pendant la majeure partie de la résolution. Dans le groupe 5.2.3 (p. 203), seule l'observation est utilisée pour résoudre le premier cas.

En revanche, l'ambiguïté des informations conduit à des divergences d'interprétations à propos du même phénomène. Ainsi dans 5.2.4, si l'observation n'est pas jugée problématique par les élèves, la confrontation des différents points de vue met au jour l'invalidité de ce seul argument :

E1, 0'11 : *Oui, elles se coupent !*

E2 : *Non, parce que regarde, elles sont pas parallèles ?*

E1 : *Mais, elles se coupent ces deux droites, là ! Celle là et celle là !*

E2 : *Non mais parce que regarde c'est dans l'espace, si ça se trouve elles... Tu sais, comme une autoroute ! Où y a un truc où elles se coupent, mais en fait non !*

Ces divergences d'interprétation se retrouvent dans de nombreux groupes, et les informations visuelles ne peuvent plus justifier une conclusion.

Deux limites liées aux indéterminations visuelles

L'observation directe de phénomènes est ainsi doublement disqualifiée par un travail dans l'espace. À un premier niveau, elle est inapte à contrôler

des opérations de construction par l'ajustement dans l'espace, et à un second niveau elle n'offre pas d'information univoque, et en l'absence d'interprétation unanime elle ne peut donner lieu à un argumentaire.

La visualisation iconique se trouve ainsi déstabilisée dans la mesure où elle n'offre par de moyens opératoire pour agir même sur les objets matériels, à des fins de construction ou d'étude — selon les situations. Nous verrons pas la suite que cette déstabilisation conduit à rechercher de nouvelles modalités d'action, et pour cela à s'appuyer sur les outils de l'environnement.

5.4.3 La déconstruction dimensionnelle et GII

Nous avons postulé que la déconstruction dimensionnelle suscite l'émergence de GII dans la résolution des élèves. Cette hypothèse doit être affinée, dans la mesure où ce lien apparaît dans certains groupes, mais que l'ancrage de la résolution entière dans GII semble dépendre d'une condition supplémentaire.

Émergence de GII

L'émergence de GII, sous l'influence d'une déconstruction dimensionnelle, apparaît dans les groupes 5.1.3, 5.1.7, 5.2.3, 5.2.4 et 5.3.2, et donc dans les trois situations. La déconstruction dimensionnelle est mobilisée et GII en permet l'expression, comme par exemple dans le groupe 5.1.7 : *“Après j'ai vu une façon beaucoup plus simple ! Symétrie par ce point : hop, fini !”* (22'51, E2).

Il en va de même, pour la reconstruction d'un prisme, avec le groupe 5.3.2. Un élève cherchait à relier le mouvement de points par des propriétés, c'est-à-dire à établir une déconstruction dimensionnelle de l'objet. L'identification des symétries lui en donne la possibilité, et un processus de reconstruction ainsi que sa validité sont déduits d'un travail portant sur l'objet géométrique — qui s'inscrit donc dans GII.

Rôle de la validation

Dans le groupe 5.2.3, la résolution entreprise par les élèves est initialement tournée vers l'observation des propriétés d'objets matériels, qui s'appuie ensuite sur des constructions. C'est l'opposition entre les deux élèves, relative aux informations perçues — qu'elles interprètent de manière différente — qui conduit à déplacer le problème vers les relations possibles entre les différentes droites : il ne s'agit plus d'étudier les droites proposées, mais de déterminer quelles relations peuvent les lier. Le problème se déplace ainsi vers GII :

E1, 20'03 : *Mais même quand tu fais ça sur des droites parallèles, si tu mets sur un point là et un point là, ça peut faire, euh... C'est pas forcément perpendiculaire, hein... Si tu mets un point sur une droite parallèle... Et un autre point sur une autre, qui est parallèle à celui-là... C'est pas forcément perpendiculaire ce... ce... ce... le segment qui passe... enfin la droite qui passe comme ça. Tu comprends ?*

E2 : *Donc on peut pas savoir avec un plan perpendiculaire...*

E3 : *Ben si parce que si il est perpendiculaire à un point, il est perpendiculaire à toute la droite...*

E1 : *Ouais mais non, mais regarde, quand tu fais, quand tu fais des droites comme ça par exemple, tu mets un point ici et un point ici, la droite ici elle est pas perpendiculaire aux deux autres...*

E3 : *Elle est pas perpendiculaire comme tu le mets là, c'est pas possible.*

Ce phénomène se retrouve, de manière générale, dans les trois situations, en particulier 5.1.3, 5.2.4 ou 5.3.2.

In fine, la visualisation non-iconique et la déconstruction dimensionnelle dans la résolution suscite la référence à GII pour des besoins d'argumentation. Dans ces différents cas, GII apparaît lorsque l'opposition de point de vue place les élèves dans une situation de validation qui les contraint à formuler la déconstruction dimensionnelle et à la justifier.

Apparition de GII dans l'activité de l'élève

Si l'émergence de la déconstruction dimensionnelle — qui donne des moyens pour interpréter les phénomènes et les reproduire — conduit les élèves à se référer à une géométrie de type GII, cette référence peut n'être que très locale, afin de résoudre un sous-problème de construction par exemple. Reconstruire le sommet manquant d'un cube suppose de construire trois triangles rectangles, et en l'absence d'outil adéquat GII permet d'identifier une déconstruction dimensionnelle pertinente faisant intervenir un cercle (5.1.8, p. 195). La portée de cette résolution reste, dans ce cas, conditionnée par la visualisation iconique et s'inscrit dans GI.

En revanche la problématique de la validation, qui survient dans notre cas par l'interaction sociale, déplace l'enjeu du problème vers GII. Il ne s'agit plus seulement de réaliser une construction, il est aussi nécessaire de justifier de la validité d'une déconstruction dimensionnelle employée, ce qui fait appel à GII.

5.4.4 Cabri 3D comme composante du milieu

Nous cherchions initialement à étudier les potentialités offertes par Cabri 3D pour concevoir un milieu tel que la visualisation iconique s'exerce, mais où

seule la déconstruction dimensionnelle soit susceptible d'assurer la stabilité du système [sujet<>milieu]. Les situations construites à cet effet apportent une réponse par l'affirmative, même s'il faut toutefois préciser quelques conditions et variables centrales pour assurer la qualité de ce milieu.

Potentialités et limites de la visualisation iconique

Comme nous l'avons souligné en 5.4.2, la visualisation iconique est déstabilisée dans le cadre de la géométrie dans l'espace, peu opératoire ou à l'origine de trop d'ambiguïtés. Elle n'assure la validité ni des constructions, ni des observations, et de fait les tentatives de résolution qui en découlent — par exemple par ajustement dans le cas d'une construction — sont très coûteuses, voire rapidement mises en défaut.

En outre, le changement de point de vue offre des rétroactions négatives que la visualisation iconique est en mesure de percevoir. Ainsi, dans la reconstruction du sommet manquant d'un cube par le groupe 5.1.4, les tentatives successives d'ajustement sont toutes invalidées de cette manière.

Cependant, ses limites peuvent ne pas être perçues par les élèves. En particulier, pour reconstruire le sommet manquant d'un cube, le déplacement est nécessaire pour mettre en défaut une stratégie par ajustement bien exécutée (5.1.5) :

13'19, E1 : *Alors là on pourrait peut être essayer avec un point, juste un point ici, au bon endroit!*

13'24, E2 : *Ben tu fais au hasard à ce moment là! [...]*

13'27, E1 : *Ben non! Enfin oui! Enfin tu le fais. . .*

[...]

14'50, E1 : *Voilà! C'est une méthode ça! Elle n'est peut-être pas très précise, mais on arrive quand même à construire!*

La construction du sommet manquant par ajustement selon une verticale (méthode employée ici) est donc possible, même si elle est imprécise.

De la même façon, pour juger du caractère sécant de deux droites, la mesure est utilisée pour constater des propriétés : distance nulle entre des droites, orthogonalité. . . Par exemple, même si les élèves du groupe 5.2.6 mentionnent une propriété de double orthogonalité, les mesures sont utilisées pour conclure : *“Non, mais bon, voilà. . . Donc en gros, 0 centimètres! Alors on mesure la distance. Bon allez c'est bon, supprime tout ça! En mesurant la distance entre les deux droites, on constate. . . que. . . En mesurant la distance entre les deux droites, on constate que elles sont parallèles. . . Mais elles sont pas parallèles. . .”* (E1, 9'03).

Ainsi, dans certains cas, les rétroactions ne sont pas perceptibles pour les élèves. L'étude de la troisième situation, qui est la seule où le déplacement

intervient, souligne le rôle de la résistance des constructions au déplacement dans la production de rétroactions perceptibles puisque, dans ce cas, la reproduction de formes est nécessairement invalidée.

Le déplacement : une composante essentielle

Le déplacement constitue donc une condition très favorable à l'invalidation de constructions s'attachant aux seules formes et mesures. Ainsi, les élèves du groupe 5.3.2 abandonnent de telles reconstructions après une intervention de l'enseignant soulignant le “mouvement simultané” du point c et de la face supérieure.

En l'absence d'interprétation théorique, le déplacement donne lieu à une interprétation mécanique des liens unissant les objets. Ainsi, dans ce même groupe, le second élève envisage de “relier” les sommets : “*Regarde, là. Y a pas un truc qui dit que les deux ils sont reliés, tu vois ?*” (21'40). Dans le groupe suivant 5.3.3, le déplacement des points est immédiatement envisagé comme un enjeu important (3'13, “*Comment on fait pour bouger les points ?*”), ce qui conduit à rechercher des constructions de “liens” entre les objets :

06'54, E2 : *Tu prends le point a . . .*

E1 : *Ouais mais il faut que ce soit en fonction du point c, quoi.*

E2 : *[. . .] Ah ! Non non, mais c'est pas bon parce qu'il faut que ce soit en fonction du point c.*

Ces propriétés mécaniques sont perceptibles pour la visualisation iconique, mais nécessitent l'emploi de primitives géométriques pour être produites — ce que permet la déconstruction instrumentale. Cet emploi, en particulier, conduit ainsi le sujet à s'appuyer sur un paradigme adapté à leur contrôle, qui ne peut plus être GI.

On retrouve ici le rôle central qu'occupe le déplacement dans la géométrie dynamique, dans lequel les propriétés géométriques sont réifiées (Jahn, 1998; Restrepo, 2008) en devenant des invariants du déplacement. Il est alors essentiel de s'appuyer sur la déconstruction instrumentale, et nous verrons par la suite que celle-ci doit nécessairement faire appel à la déconstruction dimensionnelle pour offrir des solutions valides et efficaces aux problèmes.

5.4.5 Multiplicité des déconstructions instrumentales

Avant de nous pencher sur les interactions postulées dans la figure 2.16 (p. 96) entre visualisations et déconstructions, il convient de considérer deux modalités de la déconstruction instrumentale : une première se référant à

la visualisation iconique, une seconde s'inscrivant dans la visualisation non-iconique. Si cette distinction était pertinente d'un point de vue théorique, il nous faut le confirmer par l'observation.

Déconstruction instrumentale à finalité iconique

Nous avons envisagé que cette première modalité répondait à une problématique pratique, et ne pouvait se référer à une construction théorique de type GII. Il s'agit donc de produire des formes particulières à l'aide d'outils de Cabri 3D.

Les stratégies par intersection de la première situation, employées par la majorité des groupes observés, relèvent de ce type de déconstruction instrumentale quand elles sont surdéterminées ou lorsqu'elles donnent lieu à la matérialisation du tétraèdre manquant.

Dans la seconde expérimentation, la construction de points assurant l'intersection des droites participe du même type de déconstruction instrumentale, comme par exemple dans le groupe 5.2.3 : “*Oh, non, sinon, j'ai trouvé ! Tu fais un point sur une, et au point d'intersection tu vois si elle passe sur l'autre*”. Les relations entre les droites sont envisagées relativement à un processus de construction, mais dépendent exclusivement de la visualisation iconique.

La construction de supports sur lesquels ajuster la position de points hors du plan de base — sous un contrôle visuel qui est alors opératoire —, et est particulièrement employée pour la reproduction de prismes. Ainsi, les différents groupes s'appuient sur l'outil “perpendiculaire” ou “parallèle” pour produire les supports des arêtes verticales du prisme :

- “*C'est sur le point c, là ! Et là, il faut qu'on fasse perpendiculaire. . .*” (5.3.110'08) ;
- par exemple de 12'19 à 12'51 dans 5.3.2 ;
- construction des quatre droites verticales par les sommets de la base à l'aide de l'outil “parallèle” dans 5.3.3 (23'14 – 24'01).

Si les constructions sont facilement réalisées à l'aide de ces outils, les tentatives faisant intervenir des primitives plus complexes ne sont généralement pas productives. Ainsi, deux groupes (5.3.3 et 5.3.4) tentent d'utiliser l'outil “boîte XYZ” pour contrôler la verticalité de quadrilatères construits, mais ne parviennent pas à une utilisation maîtrisée de cet outil. De même, dans le groupe 5.3.1, la symétrie permet de construire une droite verticale, mais son utilisation est soumise à l'ajustement de la position du centre de symétrie : “*En fait je sais, il faudrait aller là et faire des droites comme celle-là ici [(Oc)]. Par symétrie on peut le faire, représenter cette droite à partir de ce point là [b].*” (26'16)

Il faut donc distinguer des déconstructions instrumentales dont la finalité est exclusivement la reproduction de formes. Dans ce cas, en l'absence d'un référentiel théorique de type GII, l'utilisation de primitives n'étant pas directement associées à une forme — par exemple symétrie, plutôt que perpendiculaire — s'avère plus difficile.

Déconstruction instrumentale à finalité non-iconique

Cette déconstruction instrumentale se démarque de la précédente par ses liens avec la déconstruction dimensionnelle et GII. Il s'agit ici de déterminer un processus constructif permettant de reproduire des propriétés identifiées et interprétée par la déconstruction dimensionnelle.

Ici encore, de telles déconstruction instrumentale apparaissent dans toutes les situations observées. Dans ce cas, les constructions sont envisagées par avance, et peuvent donner lieu à une explicitation justifiant leur validité, comme par exemple pour la construction d'un sommet par translation (5.1.1) :

E2, 25'20 : Ce vecteur-là égale à ce vecteur-là, plus ce vecteur là. C'est un truc comme ça, je crois.

E1 : Sûr ?

E2 : Ouais parce que tu sais, c'est les mêmes vecteurs ! Tu fais le vecteur-là (G) à là (F) est égal au vecteur ... là...

E1 : Je pense tu fais le vecteur... celui-là, plus celui-là, là, tac, et on trouve le point.

E2 : Ouais, et ça fait égal à ce vecteur-là, la diagonale !

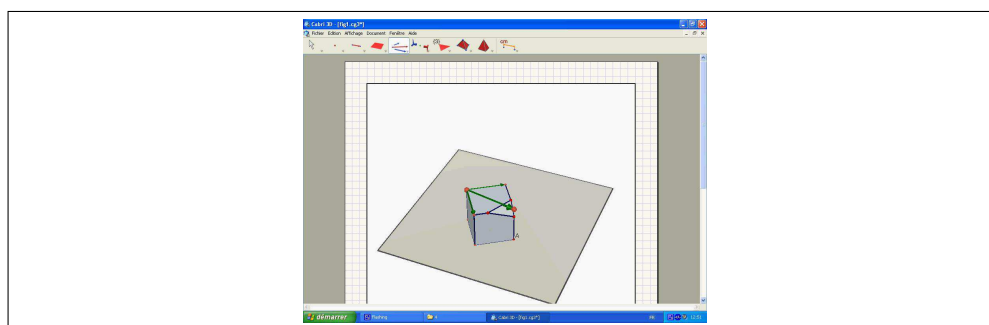


FIGURE 5.24 – Reconstruction par translation

Dans l'étude de la coplanarité, c'est notamment le cas du test du parallélisme par double orthogonalité, et concernant la reconstruction d'un prisme, on peut citer l'usage de la symétrie ne s'appuyant pas sur le contrôle visuel pour justifier de sa validité (5.3.4) : *“Voilà. Déjà on a tous les points.*

Après, il faut faire tout simplement le symétrique de a par rapport au point c... ” (24'42).

La déconstruction instrumentale témoigne alors, contrairement au cas précédent, d'un fort degré d'anticipation apporté par une validation dans GII antérieurement à l'action. Elle traduit en réalité une étude de la figure transformée en un processus constructif.

Ces deux déconstructions instrumentales sont ainsi très différentes, dans la mesure où elles ne relèvent pas du même type de visualisation, et où elles n'offrent pas les mêmes moyens pour la résolution. La première — qui ne s'appuie que sur un contrôle visuel et sur la reproduction de processus valides — permet un usage très limité des primitives géométriques, tandis que la seconde permet des constructions plus élaborées et finalisées par un travail sur la figure.

Émergence de la déconstruction instrumentale dans la visualisation iconique

Il s'agit du point de départ de l'hypothèse résumée par la Fig. 2.16 (p. 96), postulant que, sous de bonnes contraintes, la déconstruction instrumentale peut émerger d'une résolution focalisée sur la reproduction d'une forme, éventuellement munie de grandeurs caractéristiques.

Nous avons souligné précédemment (5.4.2, p. 234) que les informations visuelles perçues étaient porteuses d'ambiguïté, et ne permettaient pas de contrôler la position d'un point hors d'un support. Cette difficulté se pose pour tous les groupes observés, et suscite une réponse similaire :

- (i) recherche d'un outil susceptible de mener à bien la construction, sous le seul contrôle visuel ;
- (ii) essai-erreur conduisant à identifier un processus de construction jugé valide, sous le seul contrôle visuel ;
- (iii) éventuellement, reproduction de ce processus de construction, la connaissance d'un processus valide permettant de compléter le contrôle visuel et d'anticiper sur les reconstructions.

Ainsi, dans la première situation, l'échec de la construction par ajustement conduit les groupes 5.1.4 et 5.1.6 à construire le sommet par le prolongement de trois arêtes tronquées.

Dans la seconde, c'est l'incapacité à déterminer visuellement avec certitude si deux droites se coupent effectivement qui conduit les différents binômes à rechercher des processus de résolution basés sur l'utilisation d'outils de Cabri 3D.

Par exemple, le groupe 5.2.3 s'appuie sur les rétroactions de l'environnement,

plus fiables que le contrôle visuel : “*Tu fais ‘grâce au programme’, ‘grâce à l’outil point d’intersection, on peut voir que les droites’, euh... se coupent*” (13’21).

Pour sa part, le groupe 5.2.2 fonde sa résolution sur la construction d’une forme — un carré — assurant le parallélisme des droites : *Ah, peut-être qu’en faisant un truc ! Eh ! En faisant un rectangle ! Si t’arrive à faire un rectangle et qu’il marche... Qu’il rentre dans les droites, c’est qu’elles sont parallèles ! Ah ou un cube, allez vas-y, on fait un cube !* (28’54).

Enfin, au cours de la troisième situation, il est difficile de placer les points hors du plan par ajustement. Ainsi les droites supports d’arêtes verticales sont construites grâce à des utilisations de primitives géométriques.

Les élèves du groupe 5.3.1 s’appuient sur une symétrie dont le centre est ajusté. Dans un premier temps, l’utilisation de cet outil est problématique et s’appuie sur un contrôle visuel. Par la suite, il s’agit de reproduire un processus qui sert de contrôle : construire un centre de symétrie adéquat, construire le symétrique de (Oc) par rapport à ce centre.

Pour le groupe 5.3.2, cette fonction est remplie par l’outil “perpendiculaire” selon un processus strictement similaire.

Dans ces deux cas, le contrôle visuel juge de la validité de la construction, et ces deux procédures ne diffèrent que par l’emploi d’opérateurs différents, qui produisent des résultats similaires du point de vue de la forme.

On constate donc que la déconstruction instrumentale apparaît pour résoudre des problèmes portant sur la forme des objets. Il faut noter ici qu’elle ne permet que de résoudre des sous-problèmes, et que la fonction de sélection comme celle de validation demeurent toujours, pour le problème dans son ensemble, assurées par une identité de forme et éventuellement une mesure des grandeurs. Cela nous conduit à émettre l’hypothèse qu’en l’absence de contrôles théoriques suffisants il est impossible de valider *a priori* un processus de reconstruction, sauf à reproduire un processus déjà employé, ce qui limite l’élaboration des déconstructions instrumentales employées.

5.4.6 D’une déconstruction instrumentale à l’autre

Le passage d’une déconstruction instrumentale ancrée dans la visualisation iconique à un ancrage dans la visualisation non-iconique constitue un pivot de l’évolution que nous souhaitons provoquer. Nous avons considéré que celui-ci était la conséquence de deux limites de la déconstruction instrumentale à visée iconique dont il est nécessaire de s’affranchir dans les situations proposées :

- le seul contrôle mobilisé est un contrôle visuel, peu fiable et permettant une anticipation très limitée ;
- les invariants du déplacement ne sont pas interprétés et ne peuvent

être reproduits que par essai-erreur.

Nous pouvons observer diverses occurrences de ce phénomène, au cours desquelles une première déconstruction instrumentale permet de dépasser certaines limites visuelles mais demeure très limitée.

L'interprétation des évolutions observées dans la première situation est en revanche délicate, puisque le contrôle visuel est peu déstabilisé (en raison de l'objet utilisé), que le déplacement n'est pas mobilisé, et qu'il est demandé aux élèves de chercher plusieurs réponses à un même problème. Cette situation offre un "diagnostic", mais nous ne pouvons en général séparer une évolution qui résulterait du mécanisme que nous cherchons à identifier d'une évolution liée au besoin de dégager de nouvelles résolutions. Pour cette raison, nous limiterons l'étude aux deux dernières observations.

Pour dépasser les limites visuelles

Dans le groupe 5.2.3 (p. 203), une première déconstruction instrumentale émerge dans un premier temps pour appuyer les observations sur les caractéristiques de l'environnement :

12'42, E3 : *Un nouveau point d'intersection, ça veut dire qu'il est sur les deux du coup... [...] Et la 2 moi je mets quoi ?*

E1 : *Eh ben on... quand on prend le... le point d'intersection...*

E2 : *Tu fais "grâce au programme", "grâce à l'outil point d'intersection, on peut voir que les droites", euh... se coupent.*

Il s'agit ici de déterminer les caractéristiques des objets matériels, et le contrôle est limité à la possibilité de construire un objet (σ^{18}).

Pour traiter les cas où aucun point d'intersection n'est visible – et où le contrôle visuel est donc défaillant –, les élèves mobilisent une déconstruction dimensionnelle dans le plan : *"Mets que... mets 'la 5, on peut pas savoir, c'est trop loin' On voit plus! Et c'est à ce moment là, les filles, qu'il va falloir se creuser!"* (15'22) – *"Alors, si tu fais un segment parallèle à... perpendiculaire à ça, si il est perpendiculaire à lui aussi ça veut dire qu'elles sont parallèles toutes les deux, ça veut dire que... y a pas de croisement"* (16'27).

Les difficultés à appliquer cette déconstruction instrumentale dans l'espace conduisent ces élèves à une nouvelle recherche, et à mobiliser des connaissances géométriques adéquates : *"Avec les vecteurs colinéaires!"* (21'08).

Dans le groupe 5.2.6, cette évolution est elle aussi très forte. Dans un premier temps, l'observation directe ou la mesure de distance entre les droites sont employées mais s'avèrent inefficaces. La propriété de double orthogonalité est mentionnée, sans donner lieu à aucune construction.

Dans un second temps, la possibilité de construction (σ^{18}) supplante l'observation ou la mesure pour juger de l'existence d'un point d'intersection : “*Euh, eh ben elles sont sécantes en un point, donc elles sont sécantes ! Ben, elles se coupent en un point et on peut faire un point sur l'intersection, donc elles sont sécantes !*” (11'10). La déconstruction instrumentale s'appuie donc exclusivement sur les informations visuelles et sur une interprétation du fonctionnement de l'environnement.

Le besoin de traiter des cas où l'intersection n'est plus visible conduit enfin ces élèves à s'appuyer sur des configurations assurant des propriétés. Les déconstructions instrumentales employées ici témoignent d'une anticipation plus forte, et trouvent leur justification dans l'étude *a priori* de ces configurations. Ainsi, les droites sont incluses dans un quadrilatère dont elles sont les diagonales, ce qui permet d'affirmer “*Comment dire ? Elles sont sécantes car elles sont des diagonales...* ”. Par la suite, c'est la double orthogonalité qui intervient, comme dans le groupe précédent, et la mesure n'intervient plus que pour mettre à l'épreuve l'orthogonalité de droites.

On voit ici apparaître la déconstruction dimensionnelle et le travail sur la figure, non pas comme des critères de validation — puisque les conclusions restent *in fine* soumises au contrôle visuel ou à la mesure — mais pour offrir des indicateurs fiables et sur lesquels la visualisation iconique puisse à nouveau s'exercer. Les déconstructions instrumentales employées par ces élèves évoluent donc, et mobilisent finalement une étude hors du seul dessin pour pallier les limites visuelles identifiées.

Prise en compte des dépendances entre unités figurales

Les contraintes liées à l'espace se doublent, pour la reconstruction de prismes, de propriétés d'invariance lors du déplacement. De fait, on observe des évolutions très nettes des types de déconstruction instrumentale employées, liées notamment au paradigme dans lequel s'inscrit leur conception.

Nous avons observé que la visualisation iconique conditionne de manière exclusive l'interprétation du problème chez les élèves du groupe 5.3.1 (p. 219), qui travaillent sur la reconstruction d'un prisme “cerf-volant”.

En revanche, il faut noter que l'utilisation répétée de cette primitive, et l'ajustement de la droite image en déplaçant le centre de symétrie, semblent faire émerger l'identification de relations de dépendances entre les objets : “*Si tu supprimes ce point, ça nous supprime notre droite. [...] Si tu supprimes un point qui est relié à un autre...* ”(37'27).

Ainsi, le problème traité demeure la reproduction d'une forme, mais l'utilisation répétée de primitives géométriques permet de “relier” différentes unités figurales. Contrairement à la construction de droites verticales par

orthogonalité, la déconstruction instrumentale ne crée plus seulement une forme mais produit un “lien”, ce qui fait signe vers une émergence de la visualisation non-iconique.

Dans le groupe suivant (5.3.2, p. 223), travaillant sur un prisme à base parallélogramme, l'évolution porte essentiellement sur les modalités de résolution employées.

Ainsi, l'enjeu est initialement de reproduire une forme et ses grandeurs caractéristiques, et la seule déconstruction instrumentale mobilisée s'exerce sous un contrôle visuel.

L'identification de “mouvements coordonnés” pose la question du lien entre unités figurales, qui n'est, dans un premier temps, abordé que d'un point de vue mécanique : “*Regarde, là. Y a pas un truc qui dit que les deux ils sont reliés, tu vois ?*” (21'40), “*Comment tu fais pour... genre quand tu bouges le point c, tous les autres ils bougent ?*” (22'20), “*C'est pas relié, tu vois ? On sent pas le, hum, il manque quelque chose...*” (25'14), “*Oui. Mais on n'arrive pas. [...] À correspondre les points ici et... mais d'abord, il faut construire d'abord la figure ou pas ?*” (27'51).

La recherche d'une déconstruction instrumentale susceptible de prendre en charge ces liens mécaniques conduit ainsi cet élève à rechercher des “*informations en plus*” (21'18) qui se transforment peu à peu en des “*propriétés qui fait que*” (28'02). C'est donc un contrôle relatif aux propriétés qui est recherché pour déterminer une déconstruction instrumentale pertinente, c'est-à-dire en d'autres termes une déconstruction dimensionnelle de l'objet proposé. La symétrie apporte une réponse jugée adéquate, tandis que l'anticipation de la résolution et de sa validité repose sur une étude s'inscrivant nécessairement dans un paradigme de type GII.

La recherche d'une déconstruction instrumentale permettant de reproduire un “lien” entre les objets conduit donc, dans ce cas, à une modification profonde, dans la mesure où la visualisation iconique ne peut le prendre en charge. Les contrôles par identification de phénomènes mécaniques font signe vers une vision de type “constructeur” et conduisent à faire appel à la déconstruction dimensionnelle. Il faut à ce propos signaler que le second élève du binôme ne porte pas d'attention à ces liens mécaniques et n'entreprend que des reconstructions de formes, même s'il apparaît à la fin de l'observation qu'il est capable de mobiliser la symétrie.

Le groupe 5.3.3 (p. 227) est pour sa part successivement confronté à la reproduction d'un prisme à base cerf-volant, puis d'un prisme rhombique, moins complexe. La deuxième reconstruction laisse apparaître des mécanismes tout à fait similaires au groupe précédent, puisque la reproduction de formes s'appuie sur la construction de supports à l'aide de primitives géométriques, sous le seul contrôle visuel, et que la prise en compte du déplacement provoque la recherche d'un lien entre les points et, finalement,

l'utilisation de translations.

En revanche, la construction du prisme à base cerf-volant est beaucoup plus difficile, l'objet étant moins familier et les symétries moins évidentes. On voit alors apparaître un mécanisme inverse :

- Initialement, l'attention porte sur les invariants du déplacement : “*Monsieur, comment on fait pour déplacer un point ? Parce que là...* ” (02'04) [...] “*Ben c'est un truc de fou, ça !*” – “*Vas-y, mais comment on va faire ça ?*” (3'37)
- Au cours des dix premières minutes, les élèves ne parviennent pas à reproduire le lien mécanique identifié, et elles ne perçoivent pas l'intérêt de la symétrie proposée par un groupe voisin.
- Au delà, les tentatives de reconstruction sont focalisées sur la forme des objets, et reposent sur l'ajustement de la position des sommets.

Il semble ainsi qu'en raison de la complexité de l'objet il a été impossible d'engager une première résolution visant à prendre en charge le lien entre sommets, et que ces élèves aient évolué vers la visualisation iconique faute de pouvoir interpréter géométriquement les raisons de la résistance de propriétés au déplacement.

Dans le groupe précédent, cette première résolution faisait appel à un contrôle théorique limité qu'elle permettait de renforcer. Dans le premier groupe (5.3.1), qui travaillait lui-aussi sur la configuration “cerf-volant”, l'identification de dépendances provenait d'une utilisation empirique de l'outil “symétrie” mais l'évolution vers un contrôle théorique plus fort ne s'effectuait pas.

Il semble ainsi que le type d'évolution suscité soit fortement dépendant de la complexité de l'objet étudié. Les deux groupes travaillant sur la configuration “cerf-volant” n'ont pas pu mobiliser GII ou la déconstruction dimensionnelle, et pour l'un d'eux l'évolution semble avoir été “rétrograde”. En revanche, pour reconstruire cette fois un prisme rhombique, ce même groupe a progressivement mobilisé progressivement une déconstruction instrumentale puis une déconstruction dimensionnelle permettant d'employer la translation et prête de nouveau attention à une validation par déplacement.

Ceci nous conduit à considérer que la complexité des objets étudiés est, même avec des représentations plus lisibles qu'en papier-crayon, une variable fondamentale et particulièrement sensible.

Le dernier groupe (5.3.4), pour sa part, mobilise de manière très sûre et contrôlée la symétrie centrale après avoir tenté de reproduire la forme. Nous soulignerons ici le caractère brutal de ce renversement de point de vue, qui affecte tant les opérateurs employés que les conditions de validation ou la fonction de sélection.

Dans un premier temps, la reconstruction d'une forme ne s'appuie que sur

l'ajustement et la construction de supports, sous le contrôle de l'identité de forme et de la mesure. La difficulté à réaliser des constructions dans l'espace les conduit à parcourir les différents outils, et la symétrie semble n'avoir pour fonction première que de faciliter cette construction. Le contrôle par déplacement n'est pas utilisé dans cette première partie de la résolution.

Dans une seconde partie, la symétrie permet de reconstruire tous les sommets de manière très efficace. L'anticipation très forte témoigne d'une validation *a priori* par un travail sur l'objet géométrique — se référant donc à GII — ; les contrôles par identité de forme ou de mesure disparaissent. Le déplacement apparaît en revanche pour valider la reconstruction *a posteriori*.

Deux modalités de résolution fondamentalement différentes ont donc été employées et, plutôt que la capacité à mobiliser la déconstruction dimensionnelle, ce sont les conditions dans lesquelles elles sont pertinentes qui évoluent.

Notons en outre le rôle de la symétrie qui est “reconnue” — au sens de la reconnaissance d'une configuration par la visualisation iconique — avant d'être mobilisée, et qui semble centrale dans ce changement en reliant les deux points de vue.

5.5 Retour sur les questions de recherche

Les observations précédentes apportent des éléments de réponse aux six questions de recherche qui fondent de notre étude. Notons que la sixième de ces hypothèses, qui n'est pas signalée comme telle dans le texte, s'intéresse aux interactions entre visualisation iconique, déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle représentées par la figure 2.16, p. 96.

Une première partie de ces questions a pour finalité d'étudier les possibilités offertes par la géométrie dans l'espace, et Cabri3D en particulier, pour constituer un milieu susceptible de déstabiliser la visualisation iconique et faire émerger de manière concomitante la déconstruction dimensionnelle et GII qui assurent la stabilité du système [sujet<>milieu]. Il s'agit des hypothèses 2 et 1.

Celles-ci portent sur les caractéristiques d'un état d'équilibre, dans le sens où il n'est pas question d'étudier des mécanismes d'évolution mais bien de comparer un "état initial" supposé avec l'"état final" du système, dont il nous faut montrer qu'il est conforme à nos attentes.

La seconde partie des hypothèses émises, c'est-à-dire les hypothèses 4,3, 5 et la figure 2.16, interrogent en revanche les mécanismes d'évolution du système : quelles sont les rétroactions émises et perceptibles ? Quelles en sont les conditions ? Quels en sont les effets ?

Nous proposons une présentation des éléments de réponse apportés en fonction de ces deux interrogations, plutôt que selon l'ordre d'énonciation des hypothèses.

Avant toute chose, nous renvoyons au paragraphe 5.4.1 (p. 233) dans lequel nous mettons en évidence que visualisation iconique, déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle peuvent coexister, tant du point de vue de leur mobilisation successive par un sujet — par exemple dans des résolutions successives — que de leur mobilisation simultanée à une même fin, auquel cas elles jouent des rôles distincts sans être contradictoires.

5.5.1 Déstabilisation de la visualisation iconique

Dans l'hypothèse n°2 (p. 29), nous avons supposé que la géométrie dans l'espace permettait de déstabiliser la visualisation iconique de manière efficace.

L'expérimentation a mis en évidence que l'ambiguïté des informations visuelles provoque généralement cette déstabilisation, directement et indirectement.

Les informations visuelles s'avèrent insuffisantes pour déterminer la po-

sition d'objets dans l'espace, à des fins d'observation — comme dans l'étude de la coplanarité — ou de construction. La visualisation iconique n'est alors plus opératoire, et s'en trouve généralement déstabilisée.

En outre, les informations perçues visuellement ne sont pas univoques, et donnent généralement lieu à des interprétations différentes selon l'individu. De fait, elles ne permettent ni un consensus relatif à une évidence visuelle — contrairement à la géométrie plane —, ni d'adosser une justification à ces informations qui ne sont plus fiables. En ce sens, l'interaction sociale et la problématique de validation déstabilisent indirectement la visualisation iconique.

Notons cependant que ces observations sont très sensibles aux caractéristiques du milieu, et que dans certains cas la visualisation iconique est parfaitement opératoire, soit que le problème soit trop “simple”, soit que les rétroactions — notamment l'invalidation de la mesure en l'absence de contrainte portant sur le déplacement — ne soient pas perçues.

5.5.2 Lien entre GII et la déconstruction dimensionnelle

L'hypothèse n°1 (p. 28) consistait à considérer la déconstruction dimensionnelle comme un moteur de l'émergence de GII dans l'activité des élèves. Nous avons pu observer que, relativement à la déconstruction dimensionnelle, GII jouait un rôle double. D'une part il permet de la mettre à l'épreuve et de justifier de sa validité — en vue d'élaborer un processus de construction — et donc une validation *a priori*, précieuse lorsque les informations visuelles sont ambiguës. D'autre part, la formalisation de la déconstruction dimensionnelle dans ce paradigme présente un avantage certain à des fins de communication et de validation : “Je vais observer la double orthogonalité car « deux droites perpendiculaires à une même troisième sont parallèles entre elles »”.

En revanche cette émergence de GII ne dépasse pas nécessairement les limites dans lesquelles la déconstruction dimensionnelle est jugée pertinente : si cette dernière n'intervient que pour traiter un sous-problème, il peut en être de même pour GII. Nous verrons qu'il faut des conditions supplémentaires pour que GII joue un rôle plus important dans la résolution.

5.5.3 Usage de primitives complexes

Nous disposons de très peu d'observables relatifs à cette hypothèse de recherche, hormis les expérimentations présentées dans le deuxième chapitre. En effet, il n'était pas indispensable d'employer de telles primitives. Les rares usages observés — essentiellement des translations — étaient, de fait, la conséquence d'une mobilisation préalable de la déconstruction dimensionnelle

plutôt que la cause de la référence à GII à des fins de contrôle.

Nous avons cependant pu observer que l'usage de primitives géométriques telles que la symétrie suscitaient déjà une apparition de la déconstruction dimensionnelle et de GII, à des fins de contrôle, ce qui semble appuyer cette hypothèse. Une étude de la genèse instrumentale impliquant de tels artefacts serait nécessaire pour étudier correctement cette hypothèse.

5.5.4 Cabri 3D comme élément du milieu

Nous traiterons simultanément l'hypothèse 3 et l'hypothèse 5, qui l'inclut et la précise.

Cette hypothèse était la suivante :

Un travail s'appuyant sur la déconstruction dimensionnelle et s'ancrant dans un paradigme géométrique de type GII est susceptible d'émerger de situations s'appuyant sur Cabri 3D et respectant les conditions suivantes :

- (i) La visualisation iconique permet de rechercher des solutions, mais est peu efficace et ne permet pas de résoudre le problème. L'invalidation peut être perçue grâce à la visualisation iconique.
- (ii) L'instrumentation des primitives simples de Cabri 3D apporte un fort gain d'efficacité, offre des solutions approchées, mais n'offre pas de solution. Ici encore, l'invalidation peut être perçue grâce à la visualisation iconique.
- (iii) Le problème peut être résolu grâce à l'instrumentation de primitives complexes. Celle-ci repose alors sur une dialectique forte entre la déconstruction instrumentale et la déconstruction dimensionnelle.

Nous avons pu vérifier que le point (i) est fondamental, mais que cette condition est très sensible à des choix portant sur la situation :

- la complexité des objets étudiés ne doit pas être trop faible, faute de quoi la visualisation iconique permet une résolution ;
- une problématique de validation permet de souligner l'ambiguïté des informations visuelles, et à ce titre contribue à déstabiliser la visualisation iconique ;
- l'étude et la production d'invariants du déplacement rendent inefficace la seule reproduction de formes.

Ces conditions renforcent les limitations imposées par le travail dans un environnement 3D simulé — comme par exemple concernant l'observation des positions d'objets dans l'espace —, et permettent aux rétroactions négatives d'être interprétées comme telles par la visualisation iconique.

En revanche, nos observations ne nous permettent pas d'opérer la distinction sur laquelle reposent les points (ii) et (iii), mais concernent en fait le contrôle apporté par les deux types de déconstruction instrumentale, ce qui constitue un léger changement de point de vue.

Le passage vers la visualisation non-iconique est, en effet, grandement favorisé quand une déconstruction instrumentale à visée iconique, s'appuyant sur des primitives géométriques, permet d'accroître l'efficacité des processus de résolution et offre des solutions partielles au problème.

Cela nous conduit à souligner encore le rôle de la complexité des objets étudiés qui, si elle est trop forte, ne permet pas de faire appel à une telle déconstruction.

Enfin, il n'est pas indispensable de faire reposer la résolution sur des primitives complexe, et il apparaît que GII et la déconstruction dimensionnelle émergent conjointement lorsque la déconstruction instrumentale à visée iconique s'avère insuffisante pour résoudre le problème : il est alors nécessaire de faire coïncider la recherche d'un processus de résolution avec un travail portant sur l'objet géométrique permettant des anticipations.

Cabri 3D est alors à la base de deux caractéristiques fondamentales du milieu, l'une portant sur la qualité des informations visuelles, l'autre sur les caractéristiques des outils qui contraignent le sujet à produire des anticipations pour les utiliser.

5.5.5 Interactions

Les interactions dont nous avons postulé l'existence dans la figure 2.16 ont, en règle générale, été observées expérimentalement. Outre les mécanismes et conditions observés, la présentation schématique des transitions ne doit pas masquer qu'il est indispensable de modifier dans le même temps les conditions auxquelles visualisation iconique et visualisation non-iconique sont jugées pertinentes.

Mobilisation la déconstruction instrumentale

La déstabilisation de la visualisation iconique dans les différentes situations provoque généralement l'emploi d'outils de Cabri 3D afin de pallier les limites de la perception visuelle. Nous avons montré qu'il était légitime de parler d'une déconstruction instrumentale à visée iconique, dans la mesure où celle-ci correspond à un usage réglé d'outils de Cabri 3D, finalisé mais ne s'appuyant pas sur un contrôle s'inscrivant dans GII ou la déconstruction dimensionnelle.

Cette déconstruction instrumentale permet alors au contrôle visuel d'être

de nouveau opérationnel, dans des sous-espaces bien choisis de dimension moindre. En revanche, elle reste soumise au contrôle visuel et à certaines approximations qui peuvent l'invalider si elles sont jugées problématiques. En outre, elle ne peut prendre en charge ni des constructions trop complexes, ni l'obtention de propriétés invariantes par déplacement. Enfin, s'il n'est possible que de montrer que les constructions semblent produire le résultat escompté, mais pas d'en donner les raisons ou de justifier de leur validité.

Évolution vers une seconde déconstruction instrumentale

Ces limites, sous des contraintes adaptées, conduisent à rechercher un contrôle théorique plus fort des constructions. Selon les cas, nous avons pu observer que celui-ci doit permettre un meilleur contrôle *a priori* — la fonction de sélection —, exclure les ambiguïtés perceptives, prendre en charge les propriétés liées au déplacement et donner des arguments pour justifier de la validité des constructions.

Notons que, dans le cas où la figure est déjà envisagée, il est possible que cette forme de déconstruction instrumentale en soit une conséquence et apparaisse spontanément.

Déconstruction instrumentale, déconstruction dimensionnelle, GII

L'état de stabilité du système [sujet<>milieu], dans le cas de l'étude de la coplanarité et de la reconstruction de prismes, repose sur des interactions fortes entre déconstruction instrumentale et déconstruction dimensionnelle, trouvant leur source de validité dans un référentiel théorique de type GII : c'est par exemple le cas de la reconstruction du prisme par symétrie dans le groupe 5.3.4.

Dans de tels cas, la déconstruction dimensionnelle permet de relier une problématique pratique de construction, par l'élaboration d'une déconstruction instrumentale, à une source de validité située hors de l'expérience sensible et assurant anticipations et justifications.

Coexistence et mécanismes d'évolution

Nous avons supposé que, pour des raisons de simplicité ou d'efficacité, il était possible que la visualisation non-iconique soit supplantée par la visualisation iconique. En effet, si la mobilisation de la visualisation non-iconique n'est liée qu'à une nécessité de meilleur contrôle, rien n'empêche de construire par ajustement un triangle isocèle quand le contrôle visuel est fiable. De la même manière, nous avons pu observer le cas inverse : face à un objet trop complexe pour en établir une déconstruction dimensionnelle, des élèves ne se sont plus concentrées que sur la forme.

En pratique, à l'évolution potentielle des résolutions *vers* la visualisation non-iconique, il faut adjoindre l'évolution des conditions régissant l'emploi des différentes modalités de résolution. Dans la majorité des groupes, GII est mobilisée localement, pour traiter un sous-problème de construction, mais il est en revanche plus délicat de modifier profondément l'interprétation du problème dans son ensemble, pour le déplacer vers GII.

De manière générale, nous observons l'évolution suivante :

- (i) initialement, GI est le paradigme de référence, et la résolution s'inscrit dans la visualisation iconique ;
- (ii) sous les contraintes de la situation, une déconstruction instrumentale à visée iconique apparaît localement pour pallier certaines difficultés spécifiques ;
- (iii) celle-ci s'avère insuffisante pour proposer une solution au problème ou assurer sa validité, ce qui conduit à la recherche d'un contrôle théorique ;
- (iv) la déconstruction dimensionnelle devient une interface la déconstruction instrumentale à GII, ce qui permet une meilleure anticipation et une validation détachée de la contingence matérielle.

Cette dernière étape peut n'être que très locale, et ne conduit pas systématiquement à une nouvelle interprétation du problème. Nous avons pu observer que, si la prise en charge du déplacement pouvait en être à l'origine, l'interaction sociale — avec d'autres élèves, ou l'enseignant — semble, elle aussi, être une condition très favorable. L'émergence, même locale, de la déconstruction dimensionnelle et de GII semble ainsi permettre à des situations de validation de provoquer une nouvelle interprétation du problème dans une géométrie de type GII, comme on a pu le constater lors de l'étude de la coplanarité (par exemple dans le groupe [5.2.4](#), p. 207).

Conclusion

Retour sur la construction de l'étude

Questionnement initial et hypothèses sur le milieu

Notre questionnement initial portait sur le rôle de la démonstration, ou plus largement de la preuve intellectuelle, dans la résolution par un élève d'un problème de géométrie. Nous avons cherché des moyens permettant d'inclure, dans l'activité géométrique de l'élève, une plus grande prise en compte des objets et relations théoriques, et de limiter le rôle des évidences visuelles. Ce passage du dessin à la figure se heurte fortement, dans l'enseignement secondaire, à l'évidence visuelle : pourquoi démontrer quand on peut se contenter de lire sur le dessin ?

Nous avons donc souhaité étudier les conditions d'émergence d'un point de vue théorique susceptible de transformer la signification des problèmes de géométrie et de légitimer l'usage de la démonstration.

Deux points de vue peuvent éclairer ce point : d'un côté, un point de vue épistémologique — étudiant le référentiel théorique auquel se réfère la géométrie —, de l'autre, un point de vue cognitif — interrogeant la manière dont elle s'exerce. Ces deux points de vue ont guidé notre questionnement de recherche.

L'interprétation en termes de paradigmes géométriques ([Houdement et Kuzniak, 2006](#)) propose de distinguer trois référentiels théoriques, dont deux seront étudiés ici. La géométrie naturelle, GI, permet une première classification du réel et trouve sa validation dans la confrontation au monde sensible. La géométrie axiomatique naturelle, GII, repose sur un système axiomatique, dans lequel la validité est assurée par la démonstration, et où seule la validité des axiomes est assurée par leur capacité à bien modéliser le réel. Cela conduit à une première formulation de notre problématique en les termes suivants : il nous faut rendre la géométrie axiomatique naturelle centrale dans l'interprétation même des problèmes de géométrie par l'élève. À cette condition seulement la preuve empirique perd sa légitimité dans un processus de résolution.

L'interprétation en termes de visualisation et de déconstructions (Duval, 2005) s'attache plus fortement à l'activité cognitive de l'élève confronté à un dessin dans un problème de géométrie. La visualisation iconique ne lui permet que de reconnaître des formes familières — carré, parallélogramme, etc. — tandis que la visualisation non-iconique décompose ces formes en un assemblage d'*unités figurales* — droites, cercles, points, etc. Elle s'appuie alors sur diverses déconstructions, et nous en étudierons deux : la déconstruction instrumentale, pour laquelle un objet est le résultat d'un processus de construction avec des instruments, et la déconstruction dimensionnelle qui est une activité discursive décrivant les objets comme un assemblage d'unités figurales dont la cohérence est assurée par des propriétés mathématiques. De fait, nous formulons l'hypothèse que la déconstruction dimensionnelle est une caractéristique indispensable de l'activité géométrique pour permettre l'articulation d'un référentiel de type GII avec un usage du dessin. En outre, nous considérons que la déconstruction dimensionnelle, par son caractère discursif, permet d'articuler une activité portant sur le dessin avec une étude des objets géométriques s'inscrivant dans GII. À ce titre, la visualisation iconique fait obstacle à l'émergence de GII, dans la mesure où elle limite l'activité géométrique à une étude de la forme des objets matériels.

Nous pouvons alors reformuler notre étude en les termes suivants :

Comment déstabiliser la visualisation iconique, et motiver l'usage de la déconstruction dimensionnelle et GII dans l'activité de l'élève ? Plus précisément, dans le cadre de la Théorie des situations didactiques, est-il possible de construire un milieu adéquat ?

La géométrie dans l'espace s'accompagne d'un grand nombre d'indéterminations visuelles, que nous jugeons susceptibles de déstabiliser l'évidence perceptive, et est donc susceptible de proposer un tel milieu. Cependant, les nombreuses difficultés rencontrées par les élèves nous ont conduit à étudier les différentes représentations à la lumière des différentes fonctions du dessin (Chaachoua, 1997).

Nous avons ainsi montré que les environnements de géométrie dynamique tridimensionnels offrent des représentations dotées de bonnes fonctions de représentation et d'expérimentation, tout en présentant de nombreuses indéterminations visuelles.

Compte tenu, en outre, des travaux portant sur la géométrie dynamique — et plus précisément sur son rôle dans l'élaboration d'un milieu favorable au passage vers la figure —, Cabri3D s'est alors offert comme un constituant prometteur d'un tel milieu. En effet, les outils de cet environnement peuvent permettre, quand GII et la déconstruction dimensionnelle sont mobilisés, de dépasser les indéterminations visuelles.

Il nous a alors été possible de formuler une première hypothèse de recherche, offrant une réponse partielle à la question précédente.

Sous de bonnes conditions portant sur la situation, Cabri 3D peut permettre l'élaboration d'un milieu rendant la déconstruction dimensionnelle et la référence à GII nécessaires à la résolution de problèmes de géométrie.

Évolutions de l'activité géométrique de l'élève

Nous parlerons souvent d'“évolution”, et afin d'éviter toute ambiguïté nous souhaitons en premier lieu préciser le sens de ce raccourci de formulation. L'*évolution* qui est l'objet de ce travail concerne à la fois les méthodes de résolution et la signification même des problèmes de géométrie et des représentations chez les élèves.

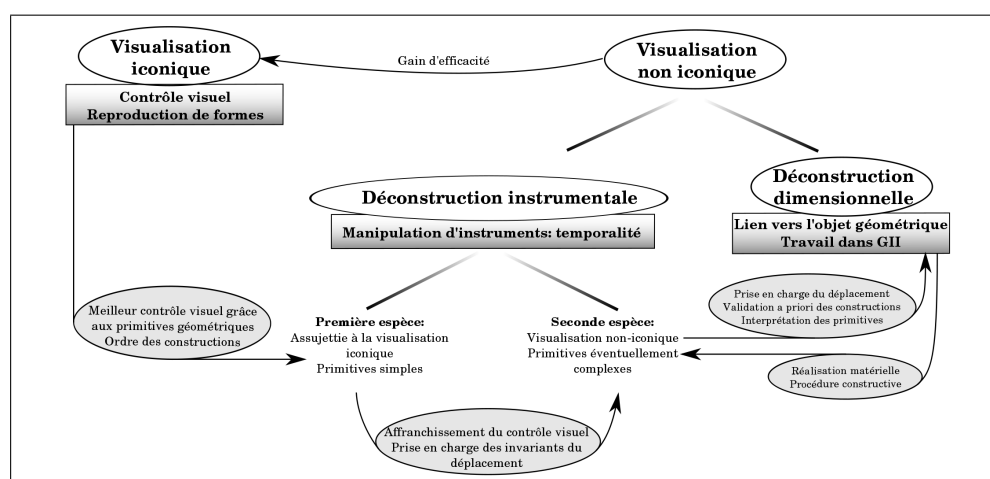
Nous formulons l'hypothèse qu'un élève de seconde peut mobiliser GII dans des contextes précis — par exemple pour répondre à l'institution — mais que, pour certains, l'interprétation des problèmes s'effectue généralement dans GI, qu'alors l'examen du dessin est conditionné par la visualisation iconique. Notre questionnement de recherche consiste à identifier des conditions conduisant l'élève à s'appuyer sur GII pour interpréter les problèmes de géométrie, et sur la déconstruction dimensionnelle pour l'examen du dessin. “Évolution” désigne cette modification de l'activité géométrique de l'élève, et nous verrons par la suite que la mobilisation de la déconstruction instrumentale en sera une étape cruciale.

Une pré-expérimentation, et une prise en compte plus forte de la dimension instrumentale dans Cabri 3D, ont suggéré de porter une plus grande attention au rôle de la déconstruction instrumentale dans l'activité des élèves. De l'approche instrumentale (Rabardel, 1995), nous n'avons pas tiré une réelle étude des instruments pour eux-mêmes, et avons essentiellement conservé une réflexion dans laquelle s'articulent l'usage de nouveaux artefacts, ou de nouveaux usages d'artefacts, et la construction d'un référentiel théorique prenant en charge ces usages. Dans Cabri 3D, il est nécessaire de pallier les indéterminations visuelles par l'usage d'instruments permettant de s'en affranchir, et il nous a semblé judicieux d'étudier dans quelle mesure ceci peut modifier l'activité géométrique de l'élève.

L'étude de la déconstruction instrumentale à la lumière de ces considérations nous a conduit à considérer deux déconstructions instrumentales, distinctes et répondant à des problèmes de nature très différente. Nous avons donc distingué une déconstruction instrumentale à visée iconique, centrée sur la reconstruction d'une forme et faisant préférentiellement référence à une géométrie de type GI, et une déconstruction instrumentale à visée non-

iconique, pour laquelle le dessin est un représentant de l'objet géométrique, et s'appuyant sur GII.

Nous avons alors formulé l'hypothèse que celles-ci jouaient un rôle crucial dans l'évolution de l'activité géométrique de l'élève, en servant d'“interface” entre visualisation iconique et visualisation non-iconique, ce que résume le diagramme suivant, à lire de la visualisation iconique vers la déconstruction dimensionnelle :



Nous considérons donc qu'il est possible de produire des situations dans lesquelles le milieu, non seulement requiert l'usage de GII et de la déconstruction dimensionnelle, mais en outre offre des rétroactions favorables à leur apparition progressive dans l'activité géométrique de l'élève.

Construction d'une ingénierie didactique et choix méthodologiques

La mise à l'épreuve de ces hypothèses supposait la construction d'une *ingénierie didactique pour la recherche* (Artigue, 1990; Perrin-Glorian, 2010) permettant d'étudier et d'isoler les différents phénomènes envisagés, et de les observer le plus indépendamment possible de tout contrat didactique dans lequel la démonstration aurait joué un rôle. Nous avons considéré que la géométrie dans l'espace, dont l'étude a été très restreinte au cours de la scolarité, permet de s'affranchir de manière satisfaisante de ce type de contrat tant qu'elle ne donne pas lieu à une évaluation par l'institution.

Il nous fallait en outre procéder à une modélisation des interactions de l'élève avec le milieu, susceptible de rendre compte du rôle des paradigmes, visualisations et déconstructions, dans l'activité elle-même mais aussi dans la finalité de l'activité de l'élève.

Le modèle cK ζ (Balacheff, 1995b; Balacheff et Margolinas, 2005) propose de décrire une activité en termes d'opérateurs et de contrôles : les opérateurs

permettent associer une action à une finalité, tandis que les contrôles offrent des jugements sur les actions, relatifs à leur validité, leur pertinence ou leur organisation. Il est possible de déterminer ces “observations atomiques” relativement aux considérations portant sur les paradigmes, visualisations et déconstructions et de relier ainsi notre questionnement théorique à une activité effective de l’élève pour produire une analyse systématique des observations.

La méthodologie s’est alors fortement appuyée sur plusieurs niveaux d’analyse, permettant d’articuler le détail de mécanismes précis — par l’identification d’opérateurs, de contrôles et de procédures — et un point de vue plus large décrit en termes de stratégie et d’interprétation du problème.

L’ingénierie consiste en trois situations aux caractéristiques différentes, afin de faire varier les conditions expérimentales et de limiter les effets de la contingence d’une seule situation.

L’expérimentation a été menée auprès d’élèves de seconde dans trois établissements différents, avant tout enseignement relatif à la géométrie dans l’espace. Ceux-ci ont travaillé en binômes, durant une heure, sur chaque situation.

La première situation, essentiellement destinée à un diagnostic des modalités de résolution mobilisables par les élèves, consistait à trouver le plus grand nombre possible de méthodes pour reconstruire le sommet manquant d’un cube tronqué (Fig. 5.25). La signification du problème était volontairement floue, ce qui permettait à des résolutions très différentes d’être proposées, et d’étudier la coexistence de différentes interprétations, ainsi que les conséquences des indéterminations visuelles apportées par la géométrie dans l’espace.

En ce sens, il s’agit d’une situation de construction qui ne fait pas nécessairement appel à l’usage d’instruments puisque l’énoncé permet une résolution par la reconstruction de la forme³. Contrairement à la troisième situation qui s’appuiera sur des propriétés résistantes au déplacement, la mobilisation de déconstructions instrumentales a ici un sens qu’il faut exclusivement lier aux difficultés de construction dans l’espace : dans ce contexte, la déconstruction instrumentale doit être mobilisée même pour ne reproduire que des formes.

La deuxième situation consistait à étudier différentes configurations de deux droites, préalablement construites, et à déterminer si ces droites se coupaient. Il s’agissait de proposer une étude ne s’appuyant pas sur la géométrie du solide, renforçant l’ambiguïté des informations visuelles, et contraignant ainsi l’élève à employer des instruments se référant à une géométrie de type GII. Du point de vue de l’enseignement, cette situation visait aussi

3. On peut penser à une situation analogue dans le plan, *compléter un carré*, qui s’y prête parfaitement.

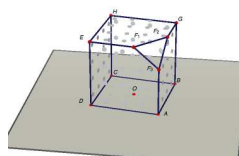


FIGURE 5.25 – Cube tronqué

à faire apparaître la notion de coplanarité. Enfin, la validation ne reposait en rien sur le déplacement, ce qui nous permettait d'isoler cette variable.

La dernière situation visait à reconstruire un objet proposé — un prisme, voir Fig. 5.26 —, en respectant des contraintes de résistance au déplacement. Nous pouvions dans ce cas étudier comment la géométrie dans l'espace affectait les modalités de construction, et la production de propriétés invariantes lors du déplacement. Cette dernière situation était donc très fortement dirigée vers l'étude des différentes déconstructions instrumentales, et de leur rôle d'interface entre une interprétation du problème dirigée vers le dessin, et une autre s'appuyant sur des objets géométriques.

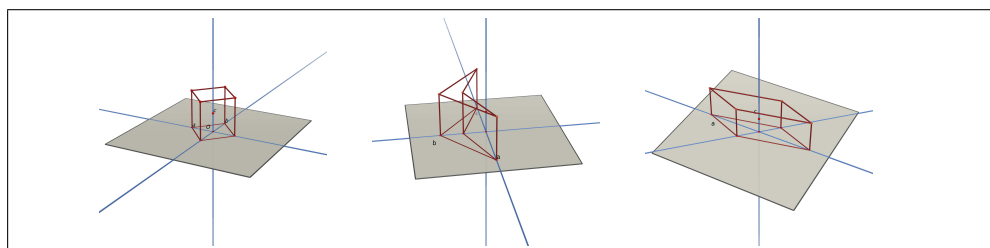


FIGURE 5.26 – Prismes à base losange, cerf-volant et parallélogramme

Résultats de l'étude

L'analyse a posteriori a dégagé un certain nombre d'invariants dans l'activité géométrique des élèves ainsi que son évolution, mais aussi une sensibilité des phénomènes à un certain nombre de variables.

Utilisation conjointe des travaux de [Houdement et Kuzniak \(2006\)](#) et [Duval \(2005\)](#)

L'une des premières difficultés de notre travail consistait à articuler deux approches très différentes de l'activité géométrique, qui nous semblaient complémentaires.

La notion de *paradigme géométrique* ([Houdement et Kuzniak, 2006](#)) interroge la géométrie d'un point de vue épistémologique, pour caractériser son

fondement théorique, et montre que la prise en compte d'objets géométriques, idéaux, suppose un renversement de point de vue qui n'a rien d'évident. En outre, le *bon usage* du dessin repose sur une articulation très claire entre deux paradigmes, GI permettant le traitement du dessin, GII celui de l'objet géométrique. En revanche cette approche ne donne pas d'information immédiate sur les conséquences de chaque paradigme dans l'activité du sujet.

Les différents modes de visualisation et le traitement du dessin par le sujet, développés par Duval (2005), interrogent cette activité de manière cognitive, pour détailler différents fonctionnements *nécessaires* au bon usage du dessin pour permettre l'accès aux objets géométriques. Cependant, la géométrie n'est pas interrogée pour elle-même, et les relations qu'entretient la déconstruction dimensionnelle avec une géométrie théorique ne s'expriment qu'en une condition nécessaire.

Tout au cours de notre étude, nous avons cherché à dégager les relations qu'entretiennent paradigmes, visualisations et déconstructions dans la résolution d'un problème de géométrie. Ce double éclairage nous a conduit à identifier une dialectique entre un travail sur le dessin et la résolution de problèmes de géométrie, en considérant simultanément ces deux aspects des problèmes de géométrie. Les résultats suivants seront présentés en ces termes.

Déstabilisation de la visualisation iconique

Il apparaît en premier lieu que la géométrie dans l'espace permet de déstabiliser la visualisation iconique, qui n'est plus opératoire. En effet, les informations visuelles ne sont pas fiables, et les interprétations qu'elles permettent sont sujettes à caution. Pour cette raison, la géométrie dans l'espace ne fournit plus d'argument permettant d'étayer un point de vue, et les difficultés liées à l'action sont alors doublées de problèmes de validation.

Notons que cette ambiguïté des informations visuelles est une variable particulièrement sensible, et que si elle n'est pas suffisamment forte les rétroactions négatives peuvent n'être pas perçues.

Cabri 3D comme élément du milieu

Cabri 3D permet ainsi de concevoir un milieu conduisant à renforcer la référence à une géométrie de type GII — pour interpréter les phénomènes, ou pour réaliser des constructions présentant des caractéristiques données —, et à appuyer l'activité géométrique sur la déconstruction dimensionnelle afin de mieux articuler ce paradigme avec le travail sur le dessin.

Il est essentiel, dans la constitution de ce milieu, que la visualisation iconique puisse s'exercer, mais ne puisse résoudre le problème posé, et que les rétroac-

tions négatives du milieu soient intelligibles par cette visualisation. Ainsi, sa qualité est fortement dépendante de la complexité des objets étudiés, et par exemple la construction d'un prisme à base "cerf-volant" peut conduire à un blocage analogue aux difficultés classiques de la géométrie dans l'espace.

L'intelligibilité des rétroactions est en outre renforcée par l'étude d'invariants du déplacement — que la vision peut percevoir, mais que seule la déconstruction instrumentale élaborée peut reproduire — ainsi que par une problématique de validation, puisque le manque de fiabilité des informations visuelles invalide tout argument fondé sur l'observation directe.

En particulier, ces conditions conduisent supposent, pour la conception des situations, de ne pas permettre de résolution fondée sur la déconstruction instrumentale à visée iconique.

Différentes déconstructions instrumentales

L'expérimentation réalisée nous a permis d'identifier effectivement l'existence de deux déconstructions instrumentales.

La première, si elle consiste déjà en une déconstruction des objets et l'identification d'un processus de construction pertinent, n'a pour finalité que la reproduction d'une forme. Les primitives de construction employées sont alors associées à une forme qu'il est nécessaire de produire, et qu'elles permettent de contrôler. Il en va ainsi de "parallèle", "perpendiculaire", voire "symétrie", utilisées par exemple dans la première situation pour construire des objets hors du plan de base.

La seconde repose sur l'identification de propriétés caractéristiques liant les unités figurales, et vise à les reproduire. Contrairement à la précédente, les unités figurales sont identifiées pour elles mêmes, et non plus en référence à une forme. En particulier, il est possible d'ajouter de nouvelles unités figurales, ce qui n'était pas possible dans le cas précédent. Cette modalité de la déconstruction instrumentale est notamment en relation avec une interprétation par GII, ou avec une interprétation mécanique du déplacement, et permet par exemple de reproduire les invariants du déplacement dans la troisième situation.

Il faut souligner que ces distinctions sont fortement liées à la géométrie dynamique, et aux primitives de construction disponibles : l'identification de différents types de primitives nous a initialement conduit à cette hypothèse, et l'expérimentation révèle que la richesse des représentations — notamment la prise en compte du déplacement — joue aussi un rôle essentiel.

La pertinence de cette hypothèse repose donc grandement sur le choix de la géométrie dynamique, et devrait certainement être examinée de nouveau pour un environnement papier-crayon, relativement aux artefacts disponibles :

à ce titre, des constructions à la règle et au compas ne conduisent pas aux mêmes hypothèses que l'emploi de *machines mathématiques*.

Déconstruction instrumentale, déconstruction dimensionnelle, GII

Ces trois notions apparaissent fortement liées, dans la mesure où elles mettent en rapport une problématique pratique et une activité tournée vers les objets géométriques.

Les déconstructions instrumentales permettent de traiter les représentations dans Cabri 3D : construction, production de propriétés invariantes par déplacement, recherche d'observables... La déconstruction dimensionnelle permet de juger de leur validité, en spécifiant les relations entre les différentes unités figurales et en constituant une interface entre ce traitement de représentations et une géométrie GII source de validité.

C'est donc une dialectique entre GII et la déconstruction dimensionnelle qui assure le bon traitement des représentations, et l'opérationnalité de la déconstruction instrumentale.

En outre, cette dialectique se manifeste par leur mobilisation simultanée dans l'activité de l'élève : si nous avons fait l'hypothèse que GII s'accompagnait nécessairement de la déconstruction dimensionnelle, en retour l'apparition de cette dernière s'accompagne d'une référence plus forte à GII — à des fins de validation notamment, comme nous avons pu l'observer dans la seconde expérimentation.

Interactions et évolution

Nous sommes ainsi en mesure d'observer différents traitements des problèmes de géométrie par l'élève, contradictoires du point de vue des visualisations qu'ils sous-tendent, mais cohérents dans un processus de résolution. Ainsi, une reproduction de forme pourra s'appuyer ponctuellement sur GII, sans que cela change la nature du problème traité du point de vue de l'élève. Si certaines activités sont profondément différentes d'un point de vue cognitif, en revanche elles peuvent intervenir simultanément sans contradiction apparente.

En outre, cela permet d'envisager des interactions et évolutions, dont nous décrivons les mécanismes principaux sous les contraintes des situations produites ici. La visualisation iconique et GI n'étant plus opératoires, la déconstruction instrumentale permet de pallier des indéterminations visuelles, mais doit faire appel à GII et la déconstruction dimensionnelle pour assurer l'interprétation de phénomènes, l'anticipation et la validité des processus de résolution, ce qui conduit à l'évolution souhaitée.

En revanche, soulignons que cette évolution peut n'être que ponctuelle, et qu'il n'est pas assuré que l'interprétation du problème dans son ensemble en soit transformée. Des conditions supplémentaires semblent favoriser cette transformation, au nombre desquelles nous identifions la nécessité d'interpréter la résistance au déplacement de propriétés, ainsi que la mise en œuvre d'une situation de validation.

Limites de l'étude

Les résultats que nous présentons doivent néanmoins être considérés relativement aux limites de notre étude. Celles-ci sont liées aux enjeux initiaux, mais aussi à des choix théoriques, méthodologiques ou expérimentaux que nous souhaitons préciser ici.

Dans le cadre d'une *ingénierie didactique pour la recherche*, les expérimentations menées visaient à identifier des phénomènes dont nous avons fait l'hypothèse, par une étude approfondie d'un nombre limité d'observations pour lesquelles il nous était possible de garantir le contrôle strict des conditions expérimentales. Il ne s'agissait pas ici d'étudier le caractère systématique de ces résultats dans une population plus large.

Le corpus expérimental est ainsi restreint, et nous permet d'affirmer l'existence d'invariants validant nos hypothèses, ainsi que les conditions affectant ces invariants. En revanche, nous ne pouvons affirmer le caractère systématique de l'apparition de la déconstruction dimensionnelle et de GII, ce qui nécessiterait une étude à plus grande échelle dans des classes "ordinaires".

De ce point de vue, il nous faut en outre mentionner la sensibilité des situations construites aux interventions de l'enseignant, et en particulier concernant l'étude de configurations de droites. Les modalités de cette intervention doivent être précises, dans la mesure où elle perturbe le système [sujet<>milieu].

Ainsi, elle peut déplacer totalement l'enjeu de la situation qui n'est alors plus pertinente. Par exemple, l'explicitation prématurée de la coplanarité peut transformer la seconde situation en un simple "tracé de plans", dépourvu d'intérêt.

À l'inverse, cette intervention est parfois nécessaire pour mettre en évidence certaines rétroactions qui ne sont pas perçues, ou pour introduire une problématique de validation. C'est ainsi l'enseignant qui a parfois souligné l'imprécision des mesures, que les élèves n'avaient pas perçues.

Il serait donc nécessaire de réaliser une étude complémentaire pour permettre l'usage de ces situations dans une perspective d'enseignement, pour mettre à l'épreuve les conséquences d'inévitables variations concernant leur mise en œuvre effective, et préciser la position de l'enseignant.

Enfin, il faut souligner que nous avons accordé une attention très faible aux connaissances des élèves dans notre étude, pour lesquelles nous ne mentionnons que leur caractère limité — les connaissances du collège. Pourtant, nous avons pu observer que la qualité des rétroactions, et la pertinence même des situations était fondamentalement dépendante de ces connaissances. Dans une perspective didactique d'étude des apprentissages, il serait ainsi essentiel d'examiner les résultats obtenus à la lumière d'une étude plus approfondie des savoirs en jeu, afin de déterminer les potentialités de telles situations pour l'enseignement, et leur sensibilité aux connaissances préalables des élèves.

Conséquences au-delà du champ de notre étude

Nous souhaitons mentionner certaines propositions de notre étude, résultats théoriques ou expérimentaux dépassant le strict cadre de notre questionnement de recherche.

Utilisation de $cK\zeta$

L'examen et l'emploi de ce modèle ne constituent pas en eux mêmes un résultat relatif à la géométrie, cependant ils nous semblent constituer une part importante de notre travail.

En effet, la mise en place d'une méthodologie nous a conduit à opérer des précisions portant sur les notions d'opérateur et de contrôle, et sur leur distinction. Celle-ci est mentionnée comme une difficulté de ce modèle, et traitée différemment dans la majeure partie des travaux auxquels nous faisons référence⁴. Il fallait nécessairement nous affranchir de toute caractérisation empirique, contextuelle ou implicite, pour assurer la cohérence de notre méthodologie, et nous avons tenté d'apporter des éléments de réponse fondés sur l'étude comparative de diverses analyses s'appuyant sur le modèle $cK\zeta$.

La distinction entre opérateur et contrôle n'est ainsi pas fondée, à notre sens, sur la capacité exclusive des opérateurs à *transformer les problèmes*, mais sur celle de produire une *action dans un système de représentation*. Les contrôles sont source de jugement porté sur les actions, et la distinction relève dans ce cadre d'un choix de l'observateur qui définit le système de représentation et les modalités d'actions qu'il juge pertinents pour l'analyse. Cette définition était en réalité un implicite de ce modèle.

4. Balacheff (1995b); Balacheff et Margolinas (2005); Miyakawa (2005); Pedemonte (2005); Vadcard (2000)

Clarifier ces notions renforce l'opérationnalité de ce modèle, qui fournit un outil d'analyse systématique, précis, et apportant une grande souplesse d'utilisation. La définition d'opérateurs et contrôles permet de modéliser les conséquences d'hypothèses théoriques — par exemple l'identification de contrôles faisant référence à GII, ou s'appuyant sur la visualisation iconique — et de confronter une analyse *a priori* établie en ces termes aux opérateurs et contrôles identifiés dans l'observation.

Pour ce faire, nous avons élaboré une méthodologie s'appuyant sur ces notions pour construire une analyse *a priori* dégageant différentes *interprétations* du problème, des *stratégies* permettant d'y répondre, et des *procédures* qui détaillent les différentes mises en œuvre effective de ces stratégies — et les variations envisageables. L'analyse *a posteriori* s'appuie pour sa part sur l'identification d'opérateurs et contrôles pour décrire des *processus*, étudiés pour eux-mêmes ou en référence aux procédures identifiées *a priori*.

Ce modèle, outre l'étude du sujet épistémique et de ses conceptions — que nous n'avons pas réalisée ici —, s'offre donc comme un puissant outil d'analyse pour confronter un questionnement théorique à la mise en œuvre d'une expérimentation.

L'interprétation mécanique du déplacement

En particulier, nous souhaitons souligner l'intérêt que peut présenter une interprétation mécanique des phénomènes d'invariance, caractéristiques de la géométrie dynamique.

Celle-ci a déjà été observée à de nombreuses reprises. Par exemple, Acosta (2008) l'identifie chez des enseignants en formation, tandis que les travaux de K.Mackrell⁵ y renvoient largement par leur référence à l'environnement quotidien.

Cependant, certains travaux⁶ avaient mis en évidence les difficultés posées par une telle interprétation dans le cadre d'une problématique de preuve, ou même pour la mobilisation de propriétés à des fins d'interprétation des invariants.

Dans le cas présent, elle apparaît très bénéfique dans la mesure où elle est envisagée par les élèves du point de vue de la visualisation iconique, et focalise l'attention sur le mouvement. L'expérimentation présentée au chapitre 2 était éloquente à ce titre, puisque les élèves abandonnaient la mesure dès que l'approche mécanique était employée. Celle-ci contraint alors à l'utilisation d'instruments permettant de reproduire les liens mécaniques, même

5. <http://idisk.mac.com/katemackrell-Public/Cabri3D/index.htm>

6. On pensera par exemple aux travaux de Balacheff et Soury-Lavergne (1996)

dans le cadre d'une déconstruction instrumentale à visée iconique.

Cette interprétation ne constitue donc pas, dans les situations observées, un obstacle au passage vers GII et la visualisation non-iconique. En effet, elle permet une première production de "mouvements coordonnés", mais sa portée est très limitée. Même pour l'utilisation de symétries, un contrôle théorique se révèle nécessaire et augmente très fortement l'efficacité des stratégies.

Afin que l'interprétation mécanique ne soit pas un handicap pour le changement de paradigme, elle doit donc proposer des pistes de solution, sans que celles-ci ne puissent résoudre le problème à elles seules.

Ceci n'est pas sans lien avec le rôle de la complexité des figures employées, ce qui appuie sur nos hypothèses initiales : lorsqu'elles sont trop simples, l'interprétation mécanique apporte une résolution satisfaisante ; trop complexes, elle ne peut apparaître.

Nous ne chercherons pas à caractériser la complexité, faute d'une étude suffisamment dirigée vers cette notion. En effet, la comparaison des situations portant sur la coplanarité et la reproduction d'un prisme nous permettent de juger que cette complexité est à la fois liée aux connaissances et à la forme des objets observés, plutôt qu'à la seule déconstruction dimensionnelle des figures.

Dans une perspective d'enseignement, cette attention portée à la complexité souligne la fragilité de ces situations, et leur dépendance très forte au choix des figures.

Émergence de la déconstruction dimensionnelle dans une activité de construction relativement aux travaux de R. Duval

In fine, les résultats proposés dans ce travail apportent des éléments de réponse aux questions posées par Duval (2005) :

- (1) La pratique d'une activité favorise-t-elle l'acquisition des manières de voir liées aux autres types d'activité ? Privilégier, par exemple, les activités de construction entraîne-t-il le développement de la capacité heuristique à enrichir et à réorganiser les figures ?

Cette question du transfert, essentielle dans les apprentissages, peut être élargie :

- (1bis) Y aurait-il un ordre, et donc une hiérarchie à respecter, pour introduire les activités propres à ces quatre entrées ? Par exemple, l'approche botaniste peut-elle être considérée comme la première étape nécessaire à toute acquisition de connaissances géométriques ?

(*Ibid.*, p. 12)

Nous avons montré que l'apparition de nouvelles *manières de voir* ne va pas de soi, mais qu'en revanche il est possible de la provoquer.

Ce résultat est un invariant commun aux trois situations, et l'ajustement de diverses variables montre à quel point celles-ci sont sensibles. Ainsi, dans la première situation, la forme est très simple et la validation "iconique" possible, ce qui permet à la déconstruction instrumentale à visée iconique d'être suffisante. Dans la seconde, le caractère perceptible des rétroactions est en défaut, et il faut parfois l'intervention de l'enseignant sur le milieu pour qu'elles apparaissent. La troisième, enfin, nous donne à observer le rôle de la complexité des figures, qui affecte cette fois les perspectives d'évolution.

Ce transfert est donc conditionné par des choix précis, portant sur :

- les informations données à lire, et les limites de la perception visuelle ;
- les fonctions que peuvent remplir les représentations ;
- les possibilités de la visualisation iconique à percevoir les rétroactions ;
- la complexité des objets étudiés ;
- les résolutions permises par les deux types de déconstructions instrumentales ;
- les conditions de validation.

Notre réponse est donc très circonscrite, et consiste plus à affirmer une possibilité qu'une réponse positive systématique : dans certain cas, envisager ce transfert a du sens.

Perspectives

Nous avons mentionné (2.4.2, p. 98) une interrogation que nous laissons en suspens, sur laquelle nous souhaitons revenir ici, relative à trois points volontairement laissés hors du champ de notre étude :

- la stabilité de l'évolution vers une activité géométrique de l'élève centrée sur la figure ;
- le transfert de ces évolutions dans d'autres contextes ;
- le rôle de l'interaction sociale.

À la lumière de nos observations, nous souhaitons néanmoins proposer quelques hypothèses relatives à la première et la dernière interrogation. La question du transfert, en revanche, ne peut être étudiée dans le cadre des situations proposées.

La stabilité de l'évolution n'était pas l'objet de notre questionnement, ce qui nous a conduit à écarter l'étude des conceptions et des structures de contrôle dans notre usage de cK ζ . C'est en ces termes que nous tenterons d'apporter quelques premiers éléments de réponse.

Deux phénomènes doivent être distingués : l'apparition de contrôles et opérateurs de nature nouvelle — apparition d'une référence à GII, de la déconstruction instrumentale, passage de celle-ci à la déconstruction dimensionnelle, etc. — pour traiter des sous-problèmes, et la généralisation d'un point de vue “non-iconique” pour traiter le problème dans son ensemble.

Nous avons interprété le premier phénomène en termes de contrôles, mais le second suppose en revanche d'interroger les conditions dans lesquelles les différents contrôles et opérateurs sont jugés pertinents.

En d'autres termes, nous interpréterons le second phénomène de la manière suivante :

- différentes conceptions sont mobilisables chez l'élève, certaines renvoyant à la visualisation iconique, d'autres à la visualisation non-iconique, d'autres encore trouvant leur validité dans GI ou GII. Il s'agit de notre hypothèse initiale selon laquelle un élève de Seconde peut, en règle générale, mobiliser GI ou GII.
- les conditions provoquant la mobilisation de ces conceptions sont différentes. Par exemple, GI et la visualisation iconique peuvent assurer le traitement du dessin, tandis que GII répond à l'institution.

Au delà de l'apparition de GII ou de la visualisation non-iconique, il est essentiel de leur offrir un rôle central dans l'ensemble de l'activité géométrique de l'élève.

Ainsi, dans certains groupes, une conception tournée vers l'objet géométrique est mobilisé pour l'interprétation des problèmes, assurant la fonction de sélection et de validation. Pourtant, elle n'est alors pas contradictoire avec une conception “iconique”, qui s'intègre de manière parfaitement cohérente dans une heuristique : il s'agit des “allers-retours entre GI et GII” que mentionne [Parzysz \(2006\)](#)⁷.

Les situations proposées conduisent dans de nombreux cas à cette évolution des conditions de mobilisation des conceptions, par les contraintes du milieu qui renforcent le recours à un travail théorique.

Cependant, la dimension sociale de l'activité des élèves semble essentielle pour le passage vers une géométrie de type GII.

Ainsi, le travail en binômes est une source récurrente de divergences d'opinion entre les élèves, qu'il faut résoudre pour leur propre contentement ou pour proposer une validation. En guise d'exemple, nous ne citerons que le —merveilleux— groupe [5.2.4](#) pour lequel l'étude directe des configurations proposées est largement délaissée, au profit d'une étude des cas possibles visant à résoudre des divergences d'opinion, plus encore qu'à répondre au

7. voir [1.1.2](#), p. [12](#)

problème.

Il en résulte une transformation de la situation qui devient alors une *situation de validation*. Cette nouvelle problématique, qui suppose non seulement de *construire* mais aussi *d'expliquer* contribue à la recherche de nouveaux arguments. “On voit bien”, “ça marche”, n’offrent que de faibles perspectives argumentatives, et des conceptions au référentiel théorique plus fort supplantent l’observation visuelle antérieure.

Une géométrie de type GII, s’appuyant sur la déconstruction dimensionnelle, émerge ainsi d’un double mouvement.

D’une part, d’un travail sur les représentations, par lequel elle apparaît et acquiert un sens et une légitimité ; d’autre part, d’une interaction sociale et d’une problématique de validation, où elle offre des moyens d’argumentation et d’expression partagés.

La preuve, qui était au point de départ de notre questionnement, demeure de fait aux fondements mêmes de l’apparition de GII et de la déconstruction dimensionnelle, non pas comme enjeu mais comme motivation épistémologique.

Bibliographie

- (2000). *Transmath 2^{nde}*, Nathan édition.
- (2004). *Décllic 2^{nde}*. Paris, Hachette Éducation édition.
- ACOSTA, M. (2008). *Démarche expérimentale, validation, et ostensifs informatisés. Implications dans la formation d'enseignants à l'utilisation de Cabri en classe de géométrie*. Thèse de doctorat, Université de Genève.
- ARTIGUE, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3): 281 – 308.
- ARTIGUE, M. (1991). Analyse de processus d'enseignement en environnement informatique. *Petit x*, 26: 5 – 27.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. VRIN, Paris.
- BAKÓ, M. (2003). Different projecting methods in teaching spatial geometry. *In Proceedings of the Third Conference of the European society for Research in Mathematics Education*.
- BALACHEFF, N. (1993). Advanced Educational Technologies : Knowledge Revisited. *In Tom LIAO, éditeur : Advanced Educational Technology : research issues and future potential*, NATO ASI series, pages 1–20. Springer Verlag.
- BALACHEFF, N. (1995a). Conception, connaissance et concept. *In GRENIER, D., éditeur : Didactique et technologies cognitives en mathématiques, séminaires 1994-1995*, pages pp. 219 – 244, Grenoble : Université Joseph Fourier.
- BALACHEFF, N. (1995b). Conception, propriété du système sujet/milieu. *In NOIRFALISE, R. et PERRIN-GLORIAN, M.-J., éditeurs : Actes de la VII^e École d'été de didactique des mathématiques*, pages pp. 215 – 229, Clermont-Ferrand : IREM de Clermont-Ferrand.
- BALACHEFF, N. (1999). Apprendre la preuve. *In SALLANTIN, J. et SZCZECINIARZ, J.-J., éditeurs : Le concept de preuve à la lumière de l'intelligence artificielle*, pages 197 – 236. Presses Universitaires de France.

- BALACHEFF, N. et MARGOLINAS, C. (2005). $cK\zeta$: modèle de connaissances pour le calcul de situations didactiques. *In Actes de la XIII^e école d'été de didactique des mathématiques*. La Pensée Sauvage.
- BALACHEFF, N. et SOURY-LAVERGNE, S. (1996). Explication et préceptorat, à propos d'une étude de cas dans télécabri. *In* BARON, M., éditeur : *Explication et EIAO Rap. LAFORIA 96/33*, pages 37 – 50. Paris : Uni. Blaise Pascal.
- BALLIEU, M. et GUISSARD, M.-F. (2004). Pour une culture mathématique accessible à tous. élaboration d'outils pédagogiques pour développer des compétences citoyennes. Rapport technique, Centre de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, Nivelles, Belgique.
- BERTHELOT, R. et SALIN, M.-H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1.
- BESSOT, A. (2010). L'ingénierie didactique au coeur de la théorie des situations. *In Actes de la XV^e École d'Été de Didactique des Mathématiques*. La Pensée Sauvage.
- BONAFÉ, F. et SAUTER, M. (1998). Enseigner la géométrie dans l'espace. *Repères IREM*, 33: 5 – 18.
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- BROUSSEAU, G. et BROUSSEAU, N. (2006). L'ingénierie didactique en mathématiques. *In Conférences 16, 23, 30 janvier et 6 février 2006*, DAEST, Université de Bordeaux 2.
- CHAACHOUA, H. (1997). *Fonctions du dessin dans l'enseignement de la géométrie dans l'espace. Etude d'un cas : la vie des problèmes de construction et rapports des enseignants à ces problèmes*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- COPPE, S., DORIER, J.-L. et MOREAU, V. (2005). Différents types de dessins dans les activités d'argumentation en classe de cinquième. *Petit x*, 68: 8 – 37.
- DARRAS, B. (1997). Signe iconique, signe visuel. *Médiation & Information. Revue internationale de communication*, 6: 29 – 39.
- DENIS, M. (1997). *Langage et cognition spatiale*. Masson.
- DHOMBRES, J. (1978). *Nombre, mesure et continu*. IREM de Nantes.

- DOUADY, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2): 5 – 31.
- DUVAL, R. (1994). Les différents fonctionnements d'une figure dans une démarche géométrique. *Repères IREM*, 17: 121 – 138.
- DUVAL, R. (1995). *Semiosis et pensée humaine*. Peter Lang.
- DUVAL, R. (1999). Representation, vision and visualization : cognitive functions in mathematical thinking. basic issues for learning.
- DUVAL, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 10: 5 – 53.
- GOBERT, S. (2007). Conditions nécessaires à l'usage des dessins en géométrie déductive. *Petit x*, 74: 34 – 59.
- GRENIER, D. et TANGUAY, D. (2008). L'angle dièdre, notion incontournable dans les constructions pratiques et théoriques des polyèdres réguliers. *Petit x*, 78: 26 – 52.
- HATTERMAN, M. (2009). L'utilisation du déplacement dans les logiciels de la géométrie dynamique 3D. *Repères IREM*, 76: 41 – 59.
- HATTERMAN, M. (2010). A first application of new theoretical terms on observed dragging modalities in 3D dynamic geometry environments. In *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, volume 1, Belo Horizonte, Brazil.
- HEALY, L. et KYNIGOS, C. (2010). Charting the microworld territory over time : design and construction in mathematics education. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 42(1): 63 – 76.
- HOUEMENT, C. et KUZNIAK, A. (2006). Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 11: 175 – 193.
- HUGOT, F. (2005). Une étude sur l'utilisabilité de Cabri 3D. Mémoire de M2R "EIAHD", Université Joseph Fourier.
- JAHN, A.-P. (1998). *Des transformations des figures aux transformations ponctuelles : étude d'une séquence d'enseignement avec Cabri-géomètre*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier.
- JONES, K. (2000). Providing a foundation for deductive reasoning : students' interpretation when using dynamic geometry software and their evolving

- mathematical explanations. *Educational Studies in Mathematics*, 44: 55–85.
- KUHN, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*, Trad. *La structure des révolutions scientifiques*, 1983. Flammarion.
- KUZNIAK, A. (2009). Un essai sur la nature du travail géométrique en fin de la scolarité obligatoire en France. In *Proceedings of the First French-Cypriot Conference of Mathematics Education*, pages 71 – 89.
- LABORDE, C. et CAPPONI, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14(1): 165 – 210.
- LABORDE, C. et STRÄSSER, R. (2010). Place and use of new technology in the teaching of mathematics : ICMI activities in the past 25 years. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 42(1): 121 – 133.
- LISMONT, L. et ROUCHE, N. (1999). Formes et mouvements. perspectives pour l'enseignement de la géométrie. Rapport technique, Centre de Recherche pour l'Enseignement de la Géométrie, Nivelles, Belgique.
- MARCHAND, P. (2006). Comment développer les images mentales liées à l'apprentissage de l'espace en trois dimensions? *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 11: 103 – 121.
- MARGOLINAS, C. (1993). *De l'importance du vrai et du faux dans la classe de mathématiques*. Grenoble.
- MARIOTTI, M. A. (2000). Introduction to proof : the mediation of a dynamic software environment. *Educational Studies in Mathematics*, 44: 25 – 53.
- MATHÉ, A.-C. (2009). Quelle articulation entre conceptualisation et confrontation aux objets sensibles à l'école primaire?
- MIYAKAWA, T. (2005). *Une étude du rapport entre connaissance et preuve : le cas de la notion de symétrie orthogonale*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier.
- PARZYSZ, B. (1988). “knowing” vs “seeing”, problems of the plane representation of space geometry figures. *Educational Studies in Mathematics*, 19: 79 – 92.
- PARZYSZ, B. (1991). Espace, géométrie et dessin. une ingénierie didactique pour l'apprentissage, l'enseignement et l'utilisation de la perspective parallèle au lycée. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 11(2.3): 211 – 240.

- PARZYSZ, B. (2006). La géométrie dans l'enseignement secondaire et en formation de professeurs des écoles : de quoi s'agit-il ? *Quaderni di Ricerca in Didattica*, 17: 121 – 144.
- PEDEMONTE, B. (2005). Quelques outils pour l'analyse cognitive du rapport entre argumentation et démonstration. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25(3): 313 – 348.
- PERRIN-GLORIAN, M.-J. (2010). L'ingénierie didactique à l'interface de la recherche avec l'enseignement. In *Actes de la XV^e école d'été de didactique des mathématiques*. La Pensée Sauvage.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Collin.
- RESTREPO, A. (2008). *Genèse instrumentale du déplacement en géométrie dynamique chez des élèves de 6eme*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- ROLET, C. (1996). *Dessin et figure en géométrie : analyse des conceptions de futurs enseignants dans le contexte Cabri-géomètre*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernrd Lyon 1.
- ROMMEVAUX, M.-P. (1997). *Le discernement des plans : un seuil décisif dans l'apprentissage de la géométrie tridimensionnelle*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg 1.
- ROMMEVAUX, M.-P. (1998). Le discernement des plans dans une situation tridimensionnelle. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 6: 27 – 65.
- SCHUBRING, G. (2010). Historical comments on the use of technology and devices in ICMEs and ICMI. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 42(1): 5 – 9.
- TROUCHE, L. (2005). Construction et Conduite des Instruments dans les Apprentissages Mathématiques : Nécessité des Orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25(1): 91 – 138.
- VADCARD, L. (2000). *Étude de la notion d'angle sous le point de vue des conceptions*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier.
- VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2.3): 133–170.

Troisième partie

Annexes

Annexe A

Séance d'introduction à Cabri 3D

Cette séance a pour but de se familiariser avec Cabri 3D : le changement de point de vue, l'utilisation des outils, et leur utilisation pour une première construction.

Changement de point de vue.

À l'ouverture d'un nouveau fichier de Cabri 3D, les trois vecteurs \vec{Ox} , \vec{Oy} , \vec{Oz} de la base et le plan (Oxy) sont affichés à l'écran. Il est possible de changer l'angle de vue par la manipulation suivante :

- positionner le curseur de la souris dans la zone d'affichage des objets
- cliquer avec le bouton droit de la souris, et maintenir ce bouton enfoncé
- déplacer la souris en gardant le bouton enfoncé

A.1 Les outils de Cabri 3D

La barre d'outils contient des icônes représentant chacune un outil. En cliquant sur ces icônes, on fait apparaître une liste d'outils. Il suffit pour en sélectionner un de cliquer dessus. Ils sont classés en dix listes, par thème :

1. manipulation des objets
2. points
3. lignes
4. surfaces
5. objets construits en référence à un autre
6. transformations
7. polygones réguliers
8. polyèdres et opérations sur ceux-ci

9. polyèdres réguliers

10. mesure et calcul

NB :

Pour utiliser les outils, penser à la possibilité d'afficher l'aide de Cabri 3D qui détaille leur manipulation. Il faut pour cela aller dans le menu *Aide* et sélectionner *Aide des outils*, ou appuyer sur F_1 .

A.2 Création et déplacement d'un point

A.2.1 Dans le plan de base

Créer un point :

Sélectionner l'outil *point* dans la barre d'outils, et déplacer la souris au dessus du plan. Le plan change d'aspect, et Cabri 3D affiche le message "*un nouveau point (sur plan)*". Cliquer avec la souris pour créer le point.

Déplacement :

Sélectionner l'outil *manipulation*, et positionner la souris sur le point à déplacer. Le point semble plus gros, et Cabri 3D affiche le message "*ce point*". Cliquer avec le bouton gauche de la souris, et maintenir le bouton enfoncé. Tant que ce bouton est enfoncé, le point se déplace avec la souris.

Attention :

Le point ne peut se déplacer que dans le plan !

A.2.2 Dans l'espace

Créer un point :

Sélectionner l'outil *point* dans la barre d'outils, et placer la souris à l'endroit désiré pour faire apparaître le message "*un nouveau point (dans l'espace)*".

Il est possible d'ajuster la hauteur du point. Pour cela, appuyer sur la touche *Majuscule* du clavier (\uparrow), et déplacer la souris tout en maintenant cette touche enfoncée.

Cliquer avec la souris pour créer le point.

Déplacement :

Le déplacement se fait de la même façon que pour le plan. Cependant, le point ne se déplace qu'horizontalement (l'*horizontale* est définie par le plan de base). Pour le déplacer verticalement, il faut de nouveau maintenir la touche *Majuscule* enfoncée en déplaçant le pointeur de la souris.

A.2.3 Opérations sur les objets

Suppression d'un objet :

Pour supprimer un objet, il faut d'abord le sélectionner : sélectionner l'outil *manipulation*, déplacer le curseur sur l'objet, puis cliquer avec le bouton gauche. La touche "*Suppr*" du clavier permet alors de supprimer l'objet.

Nommer un objet :

Pour faire apparaître le nom d'un objet, il faut de la même manière le sélectionner. Ensuite, il suffit de taper au clavier le nom à donner à l'objet.

A.3 Créer des droites

A.3.1 Création d'une droite

Nous allons, pour créer une droite utiliser le point déjà créé dans le plan de base. Sélectionner l'outil *droite* et placer la souris sur le point. Le message "*droite par ce point...*" apparaît. Cliquer une fois sur le point : une droite apparaît, passant par le point et le curseur de la souris. Un nouveau message apparaît : "*... et un nouveau point*". En déplaçant la souris, il est alors possible de choisir l'emplacement du deuxième point, et de le définir en cliquant une deuxième fois.

Note :

Comment faire pour que la droite ne soit pas dans le plan de base ?

A.3.2 Deux droites dans l'espace

Créer une seconde droite, passant par deux autres points. Les droites se coupent-elles ?

Le changement de point de vue peut vous permettre d'observer plus facilement la position des droites...

A.4 Créer un plan

A.4.1 Un plan à partir de trois points

Nous allons créer un plan en définissant trois points par lesquels celui-ci passera. Sélectionner l'outil "plan".

En déplaçant le pointeur de la souris, selon sa position, Cabri 3D affiche le message "*Plan par un nouveau point (sur plan)...*" ou "*Plan par un nouveau point (dans l'espace)...*". Des clics de la souris créent les points.

Attention :

Si les trois points sont dans le plan de base, le nouveau plan sera confondu avec le plan

de base et ne sera pas visible. Pour éviter cela, il faut créer au moins le 3^e point hors du plan, en utilisant la touche *Majuscule* comme nous l'avons déjà fait en A.2.2 (p.4).

A.4.2 Un plan à partir d'une droite et un point

Il est possible de créer un plan à partir d'une droite et d'un point. Créer une droite, et un point hors du plan de base. Sélectionner l'outil *plan*. Quand le pointeur de la souris survole la droite, Cabri 3D affiche le message "*Plan par cette droite...*". Cliquer pour la sélectionner. De même, au survol du point, Cabri 3D affiche "*... et ce point*". Un clic achève de créer le plan.

À essayer :

Outre le changement de point de vue, il est possible d'agir sur les objets. Une fois le plan construit, déplacez le point et observez comment réagit le plan.

A.5 Construction en référence à un autre objet

Il s'agit ici de créer une droite perpendiculaire à un plan, passant par un point donné. Tout d'abord, créer un point dans l'espace. Pour le repérer plus facilement, le nommer *A*.

Sélectionner l'outil *perpendiculaire*. En survolant le plan précédemment créé, celui-ci change d'aspect et le message "*Droite perpendiculaire à ce plan...*" s'affiche. Cliquer pour sélectionner ce plan comme objet de référence. Une droite apparaît et suit le pointeur de la souris.

Déplacer le pointeur sur le point *A* jusqu'à ce que le message "*... passant par le point A*" apparaisse. Un clic sur ce point crée la droite.

Exercice :

Créer de la même manière un plan perpendiculaire à une droite, passant par un point.

A.6 Objets particuliers

Il est possible de construire des objets particuliers : triangle équilatéral, carré... (objets plans), ou encore des cubes, tétraèdres... (objets tridimensionnels). Nous allons ici nous intéresser à la construction du cube.

Une manière de construire un cube est d'utiliser l'outil *cube*, de définir le plan contenant la base, ainsi que deux points : le centre et un sommet de la base.

Sélectionner l'outil *cube*. Déplacer le pointeur sur un plan : Cabri 3D affiche le message "*Cube avec une face dans ce plan...*". Cliquer pour signifier que la base sera dans ce plan.

En survolant le plan, le message "*... face centrée en un nouveau point (sur plan)...*"

apparaît. Cliquer à l'endroit voulu pour définir le centre de la base.

Enfin, apparaît un cube dont un sommet est le pointeur de la souris, et qui se déforme en suivant son mouvement. Ceci s'accompagne du message "... par un nouveau point (sur plan)". Un clic détermine la position du dernier point, et crée le cube.

Exercice :

Par des manipulations similaires, il est possible de créer un carré dans le plan de base. Ensuite, le cube peut être construit à partir de ce carré. Utilisez l'aide des outils (touche F_1), et construisez le cube de cette manière.

A.7 Transformations

Cabri 3D permet aussi de construire l'image d'objets par des transformations. Nous allons maintenant construire le symétrique du cube par rapport à un point du plan de base.

Si ce n'est déjà fait, construire un point hors du cube, dans le plan de base.

Sélectionner l'outil *symétrie centrale*. Positionner la souris sur le point : Cabri 3D affiche le message "*Symétrique par rapport à ce point...*". Cliquer sur le point pour le définir comme le centre de symétrie.

Quand le pointeur est positionné sur le cube, un nouveau message s'affiche : "*Symétrique de ce cube...*". Dans le même temps, le symétrique s'affiche effectivement à l'écran. Cliquer sur le cube pour construire son symétrique.

Exercice de construction :

Construire une droite dans le plan, et le symétrique du cube par rapport à la droite.

Exercice de déplacement : Nous avons vu qu'il est possible de déplacer (manipuler à l'aide de la souris) des objets de Cabri 3D. Sur vos dernières constructions, y a-t-il des objets que vous pouvez déplacer ? Si oui, quels sont-ils, et comment les déplacez-vous ? Quelles effets pouvez-vous observer sur les objets construits à l'écran de Cabri 3D ?

A.8 Outils de mesure

Ces outils sont un peu différents des autres outils de Cabri 3D. Ils permettent d'obtenir des informations chiffrées sur les objets affichés à l'écran.

À ce stade, en vous aidant de l'aide, vous pourrez sûrement réaliser les tâches suivantes :

- mesurer la distance entre un sommet du cube et le centre de symétrie
- mesurer la longueur d'une arête du cube
- mesurer l'aire d'une face du cube

Attention ! Cabri 3D risque de calculer l'aire du cube entier ! Pour l'éviter, il faut construire un polygone sur une face (outil *polygone*) et mesurer son aire !

- utiliser la calculatrice pour en déduire (et afficher) le volume du cube

- vérifier la valeur du volume du cube à l'aide de l'outil *volume*
- afficher les coordonnées d'un sommet du cube hors du plan de base

A.9 Pliage

Maintenant que les outils de Cabri 3D sont maîtrisés, nous nous proposons de réaliser un pliage : il s'agit de construire la figure suivante, qui se plie en deux quand on déplace le point supérieur (Cf. Fig.A.1). Bien sûr, les deux triangles sont identiques.

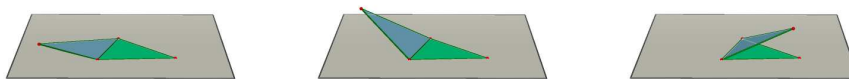


FIGURE A.1 – différentes étapes du pliage

Attention : Il est possible de ne pas afficher à l'écran tous les objets qui servent à la construction ! Pour cela, une fois sélectionné l'objet à masquer, vous pouvez utiliser la commande “Masquer/Montrer” du menu “Édition”, ou bien appuyer simultanément sur “Ctrl” et “M”.

A.10 Patrons

A.10.1 Ouverture de polyèdre

Cabri 3D propose de construire des patrons de polyèdres. Afin de se familiariser avec l'outil, construire un tétraèdre et utiliser l'outil "ouverture de polyèdre" pour obtenir le patron.

A.10.2 Patron d'un tétraèdre

Dans un deuxième temps, il s'agit de construire manuellement ce patron, à partir du tétraèdre. Les côtés doivent ici se déplier ensemble, grâce à la manipulation d'un unique point !

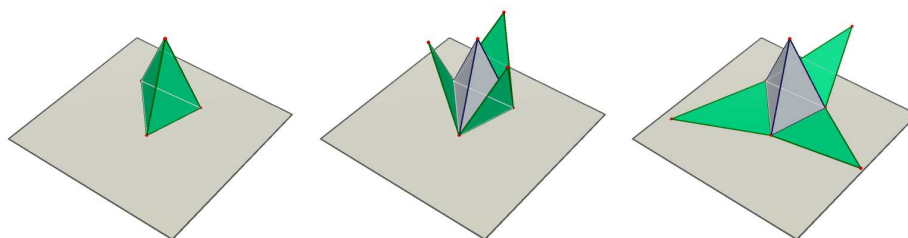


FIGURE A.2 – Ouverture du patron

A.10.3 Conclusion champêtre

Enfin, on cherche à construire une "fleur" dont les pétales s'ouvrent quand on déplace un point (le point A, voir Fig.A.3). C'est en fait un patron de demi dodécaèdre régulier, formé uniquement de pentagones réguliers identiques.

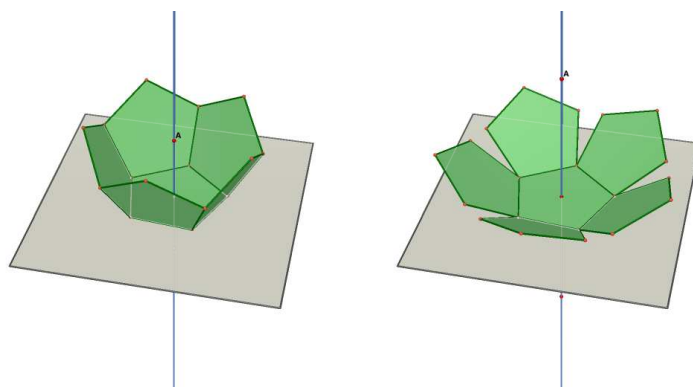


FIGURE A.3 – Ouverture d'un demi dodécaèdre régulier

Annexe B

Opérateurs et contrôles

B.1 Opérateurs

TABLE B.1 – Opérateurs

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
Généraux				
<i>Déplacement</i>				
r^1	Déplacement libre	Déplacer un objet dans l'espace	Outil "manipulation", sélection de l'objet, déplacement de la souris	
r^2	Déplacement horizontal	Déplacer un objet parallèlement à (Oxy)	Outil "manipulation", sélection de l'objet, déplacement de la souris	
r^3	Déplacement vertical	Déplacer un objet selon (Oz)	Outil "manipulation", sélection de l'objet, déplacement de la souris avec la touche "shift" enfoncée	
r^4	Déplacement sur objet	Déplacer un objet appartenant à un autre objet	Outil "manipulation", sélection de l'objet, déplacement de la souris	
r^5	Déplacement indirect	Déplacer un objet image	Déplacement de l'antécédent	DI
r^6	Changement de point de vue	Observer un objet sous différents points de vue	Changement du point de vue	
<i>Informations contextuelles</i>				
r^7	Désigner un objet avec le pointeur	Obtenir des informations textuelles sur un objet	Survoler l'objet avec le pointeur de la souris	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
r^8	Changement de couleur	Faciliter l'identification visuelle d'un objet	Changement de couleur de l'objet	
r^9	Zoom	Observer des caractéristiques précises d'un objet	Agrandissement de l'image	
<i>Construction : unité figurale 0D/3D</i>				
r^{10}	Construire un point à une position quelconque de l'espace	Créer un point à une position quelconque de l'espace	Outil point, positionnement de la souris à un point quelconque	
r^{11}	Positionnement perceptif d'un point	Construire un point à un endroit déterminé de l'espace	Positionner le curseur de la souris à l'endroit visé, créer le point	VI
r^{12}	Positionnement vertical perceptif d'un point	Construire un point à un endroit déterminé de l'espace	Ajuster visuellement la position du curseur à la verticale d'un autre point de même abscisse et même ordonnée, créer le point	VI
r^{13}	Positionnement horizontal perceptif d'un point	Construire un point à un endroit déterminé de l'espace	Ajuster visuellement la position du curseur à l'horizontale (mode de déplacement par défaut)	VI
r^{14}	Positionnement perceptif d'un point sur support	Construire un point à un endroit déterminé de l'espace, sur un support	Ajuster visuellement la position du curseur sur le support, créer le point	VI
r^{15}	Point : intersection	Construire un point, intersection d'unités figurales	Outil point, désigner l'intersection avec le pointeur, création du point d'intersection quand le message contextuel le propose	
r^{16}	Point d'intersection : création directe	Construire un point, intersection d'unités figurales	Outil "point d'intersection", positionnement de la souris sur l'intersection, créer le point	
r^{17}	Point d'intersection : création indirecte	Construire un point, intersection d'unités figurales	Outil "point d'intersection", sélection successive des unités figurales	
<i>Construction : unité figurale 1D/3D</i>				
r^{18}	Point, droite, segment dans nouvel objet	Créer une unité figurale particulière (ex : un point)	Outil créant une configuration s'appuyant sur cette unité figurale (ex : un triangle dont le point est un sommet)	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
r^{19}	Droite, segment, plan par des points sur objet, à la volée	Construire une droite, un segment ou un plan à une position déterminée de l'espace	Outil adéquat, création à la volée des points sur des objets par ajustement	
r^{20}	Droite par deux points	Construire une droite passant par deux points	Sélectionner l'outil droite et les deux points	
r^{21}	Segment par deux points	Construire un segment passant par deux points	Sélectionner l'outil segment et les deux points	
r^{22}	Droite support d'un segment	Construire une droite support d'un segment	Sélectionner l'outil droite, puis le segment	
r^{23}	Droite/ segment, par deux point de l'espace à la volée, à une position donnée	Construire une droite ou un segment à une position donnée	Outil adéquat, création à la volée des points	VI
r^{24}	Droite/ segment, par deux points de l'espace à la volée, à une position quelconque	Construire une droite ou un segment à une position quelconque	Outil adéquat, création à la volée des points	
r^{25}	Ajustement de la position d'une droite	Positionner une droite à la position souhaitée	Déplacement d'un point définissant la droite	VI
r^{26}	Droite perpendiculaire à une droite : perceptivement	Construire une droite perpendiculaire à une droite D	Outil "droite", construire une droite passant par un point de D et un point extérieur à D, ajuster la position du point extérieur	VI
r^{27}	Droite perpendiculaire à une droite : géométriquement	Construire une droite perpendiculaire à une droite D	Outil "perpendiculaire", maintien de la touche "ctrl", sélection de la droite et d'un point extérieur par lequel passe le plan	
r^{28}	Droite parallèle à une droite : perceptivement	Construire une droite parallèle à une droite D	Outil "droite", construire une droite passant par un deux point extérieurs à D, ajuster la position des points	VI
r^{29}	Droite parallèle à une autre, par un point : géométriquement	Construire une droite parallèle à une droite D	Outil "parallèle", sélection de D et d'un point par laquelle passera la nouvelle droite	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
r^{30}	Droite perpendiculaire à un plan, par un point	Construire une droite perpendiculaire à un plan	Outil "perpendiculaire", sélection du plan et d'un point par lequel passe la droite	
r^{31}	Segment perpendiculaire à une droite	Construire un segment perpendiculaire à une droite D	Tracé d'une droite perpendiculaire à D, puis construction du segment sur cette droite	
r^{32}	Vecteur	Construire le vecteur \overrightarrow{AB}	Outil "vecteur", sélection du point A puis du point B	
r^{33}	Cercle autour d'un axe	Construire un cercle autour d'un axe, passant par un point	Sélection de l'outil "cercle", puis de l'axe et du point	
r^{34}	Cercle dans un plan, centré en un point, passant par un autre point	Construire un cercle dans un plan, de centre donné, passant par un point	Sélection de l'outil "cercle", du plan, du centre, et du point par lequel le cercle passe	
r^{35}	Arc de cercle par trois points	Construire un arc de cercle passant par trois points	Sélection de l'outil "arc de cercle", puis des trois points dans l'ordre (le second est au milieu de l'arc)	
r^{36}	Cercle par trois points	Construire le cercle circonscrit à trois points	Sélection de l'outil "cercle", puis des trois points	
<i>Construction : unité figurale 2D/3D</i>				
r^{37}	Plan support d'une face	Construire un plan support d'une face de polyèdre	Sélectionner l'outil "plan" puis la face	
r^{38}	Plan par trois points	Construire un plan passant par trois points	Sélection de l'outil "plan", puis des trois points	
r^{39}	Plan à une position donnée de l'espace : ajustement	Construire un plan à une position donnée de l'espace	Outil "plan", création à la volée des points	VI
r^{40}	Plan, par trois points de l'espace à la volée, à une position quelconque	Construire un plan à une position quelconque de l'espace	Outil "plan", création à la volée des points	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
r^{41}	Plan par une droite/un segment et un point (existant ou à la volée)	Construire un plan contenant une droite et un point	Outil "plan", sélection de la droite et du point	
r^{42}	Plan par deux droites	Construire un plan contenant deux droites	Outil "plan", sélection des deux droites	
r^{43}	Plan perpendiculaire à une droite	Construire un plan perpendiculaire à une droite	Outil "perpendiculaire", sélection de la droite et d'un point par lequel passe le plan	
r^{44}	Plan parallèle à un autre, par un point	Construire un plan parallèle à un autre	Outil "parallèle", sélection de P et d'un point par laquelle passera le nouveau plan	
r^{45}	Polygone	Construire un polygone	Outil "polygone", sélection ordonnée des sommets ou création à la volée, puis seconde sélection du premier sommet	
r^{46}	Polygone face de polyèdre	Construire un polygone face de polyèdre	Outil "polygone", sélection de la face de polyèdre	
r^{47}	Triangle	Construire un triangle	Outil "triangle", sélection des trois sommets	
<i>Construction : d'après d'autres objets</i>				
r^{48}	Plan médiateur	Construire le plan médiateur d'un segment	Outil "plan médiateur", sélection des sommets	
r^{49}	Milieu de deux points : ajustement perceptif	Construire le milieu de deux points	Construction d'un point puis ajustement à la bonne position, éventuellement sur un support	VI
r^{50}	Milieu de deux points : géométriquement	Construire le milieu de deux points	Outil milieu, sélection des points	
r^{51}	Milieu de deux points : mesure	Construire le milieu de deux points	Construction d'un point, mesure des distances aux deux points, ajustement à la position égalisant les mesures, éventuellement sur un support	
r^{52}	Report de mesure	Reporter une mesure connue	Outil "report de mesure", sélection de la grandeur et d'un point d'origine placé sur une unité figurale 1D/3D	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
<i>Transformations</i>				
r^{53}	Symétrie centrale	Construire le symétrique d'un objet par rapport à un point	Outil "symétrie centrale", sélection du centre de symétrie et de l'antécédent	
r^{54}	Symétrie axiale	Construire le symétrique d'un objet par rapport à une droite	Outil "symétrie axiale", sélection de la droite et de l'antécédent	
r^{55}	Symétrie plane	Construire le symétrique d'un objet par rapport à un plan	Outil "symétrie plane », sélection du plan et de l'antécédent	
r^{56}	Translation selon un vecteur	Construire le translaté d'un objet selon un vecteur	Outil "translation", sélection du vecteur et de l'objet	
r^{57}	Rotation : angle explicite	Construire l'image d'un objet par une rotation d'axe et angle connus	Outil "rotation", sélection de l'axe, de la valeur de l'angle et de l'antécédent	
r^{58}	Rotation : angle implicite	Construire l'image d'un objet par une rotation d'axe connu et d'angle défini par un couple (antécédent, image)	Outil "rotation", sélection de l'axe, du couple (antécédent, image) définissant l'angle, et de l'objet	DI
<i>Polygones</i>				
r^{59}	Polygone régulier : dans un plan	Construire un polygone régulier	Sélection de l'outil adéquat, du plan portant le polygone, de son centre et d'un de ses sommets	
r^{60}	Polygone régulier : autour d'un axe	Construire un polygone régulier	Sélection de l'outil adéquat, de l'axe de symétrie du polygone et d'un de ses sommets	
<i>Polyèdres</i>				
r^{61}	Tétraèdre	Construire un tétraèdre dont les sommets sont déjà construits	Outil tétraèdre, sélection des sommets	
r^{62}	Boite XYZ	Construire un pavé droit	Outil "boîte XYZ", sélection de deux sommets diagonalement opposés	
r^{63}	Pyramide	Construire une pyramide	Outil "pyramide", sélection du polygone de base et du dernier sommet	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
$r^{.64}$	Polyèdre convexe	Construire l'enveloppe convexe de points, segments, polygones, polyèdres	Outil "polyèdre convexe", sélection des arguments	
$r^{.65}$	Polyèdre régulier : plan, centre d'une face et sommet	Construire un polyèdre régulier	Sélection de l'outil, du plan portant une face, du centre de cette face et d'un de ses sommets	
$r^{.66}$	Polyèdre régulier : sur un polyèdre identique	Construire un polyèdre régulier sur la face d'un polyèdre identique	Sélection de l'outil, de la face	
<i>Mesure</i>				
$r^{.67}$	Distance entre deux points	Mesurer la distance séparant deux points	Outil "distance", sélection des points	
$r^{.68}$	Distance d'un point à un objet	Mesurer la distance séparant un point d'un objet	Outil "distance", sélection du point et de l'objet	
$r^{.69}$	Distance de deux objets	Mesurer la distance séparant deux objets	Outil "distance", sélection des objets	
$r^{.70}$	Longueur d'un objet	Mesurer la longueur d'un objet de dimension 1	Outil "longueur", sélection de l'objet	
$r^{.71}$	Aire d'un objet	Mesurer l'aire d'un objet de dimension 2	Outil "aire", sélection de l'objet	
$r^{.72}$	Volume d'un objet	Mesurer le volume d'un solide	Outil "volume", sélection du solide	
$r^{.73}$	Angle par trois points	Mesurer un angle \widehat{ABC}	Outil "angle", sélection ordonnée de A, B, C	
$r^{.74}$	Angle entre un plan et une droite	Mesurer l'angle que forment un plan et une droite	Outil "angle", sélection du plan et de la droite	
$r^{.75}$	Coordonnées d'un point	Afficher les coordonnées d'un point	Outil "coordonnées et équation", sélection du point	
Cube tronqué				
r_{cube}^1	Construction directe d'un tétraèdre de forme donnée	Construire un tétraèdre ayant une forme donnée	Outil "tétraèdre", construire la base, ajuster la position du dernier sommet	VI

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
r_{cube}^2	Carré superposé à un autre : ajustement du centre	Construire un carré superposé à un autre	Outil carré, sélection du plan du carré, ajustement des arguments pour obtenir la bonne position	VI
r_{cube}^3	Carré superposé à un autre : centre déjà construit	Construire un carré superposé à un autre	Outil carré, sélection du plan du carré, de son centre et d'un sommet	
r_{cube}^4	Superposition d'un cube à un autre : ajustement	Construire un cube superposé à un autre	Outil cube, sélection du plan de base, création du cube et ajustement des arguments pour obtenir une bonne superposition	
r_{cube}^5	Superposition d'un cube à un autre : déconstruction instrumentale	Construire un cube superposé à un autre	Outil cube, sélection des mêmes arguments que pour le cube initial	VI
r_{cube}^6	Prolongement d'arête par parallèle	Prolonger une arête tronquée du cube	Outil "parallèle", sélection d'une arête parallèle et d'un point de l'arête à prolonger	
r_{cube}^7	Cercle circonscrit à un carré : ajustement du centre	Construire le cercle circonscrit à un carré	Sélection de l'outil cercle, sélectionner le plan du carré, créer un centre, sélectionner un sommet, puis ajuster la position du centre pour que le cercle passe par tous les sommets	
r_{cube}^8	Cercle circonscrit à un carré : centre déjà construit	Construire le cercle circonscrit à un carré	Sélection de l'outil cercle, sélectionner le plan du carré, le centre, et un sommet	VI
r_{cube}^9	Sphère contenant un cube	Construire la sphère circonscrite à un cube	Sélection de l'outil sphère, du centre du cube et d'un sommet	
r_{cube}^{10}	Ouverture de polyèdre	Déplier le patron d'un polyèdre convexe donné	Outil "ouverture de polyèdre", sélection du polyèdre, et déplacement d'un sommet du patron	
Coplanarité				
r_{cop}^1	Message désignant un point d'intersection	Faire apparaître un message désignant un point d'intersection	Survoler la zone où devrait se trouver le point avec la souris	
r_{cop}^2	Désigner un objet avec le pointeur	Obtenir des informations contextuelles sur un objet	Survoler l'objet avec le pointeur de la souris	

R	Nom	Finalité immédiate	Modalité d'action	
r_{cop}^3	Désigner simultanément deux droites avec le pointeur	Faire apparaître deux objets simultanément en surbrillance	Survoler la zone où devrait se trouver un point d'intersection avec la souris	
Reconstruction de prismes				
r_{cons}^1	Droite reliant deux points déjà construits	Relier le mouvement de deux points déjà construits	Construire une droite particulière passant par les deux points	

B.2 Contrôles

TABLE B.2 – Contrôles

R	Nom	Constat	Conséquence	t
Généraux				
<i>Superposition : identité de formes</i>				
σ^1	Observation d'une position dans l'espace	un point de l'espace est vu à la bonne position	ce point est effectivement bien placé	2,3
σ^2	Observation d'une position verticale dans l'espace	un point dont l'abscisse et l'ordonnée sont fixées est vu à la bonne hauteur	ce point est effectivement bien placé	2,3
σ^3	Observation d'une position sur un objet	un point d'une unité figurale de dimension au plus 2 semble à la position souhaitée	ce point est effectivement bien placé	2,3
σ^4	Identité de forme	un objet a la même forme qu'un objet de référence	ces objets sont identiques	1,2,3
σ^5	Constat perceptif immédiat	une propriété peut être observée visuellement	l'objet possède cette propriété	1,3
σ^6	Constat perceptif par changement continu de point de vue	une propriété est invariante par changement de point de vue continu	l'objet possède cette propriété	2,3
σ^7	Constat perceptif par multiplication des points de vue	une propriété est invariante par multiplication des points de vue	l'objet possède cette propriété	2,3
σ^8	Analogie	un objet observé dans Cabri3D ressemble à un objet réel connu	ces objets ont des propriétés similaires	1,3
σ^9	Extrapolation mentale	des observations permettent d'imaginer des propriétés invisibles à l'écran	l'objet observé possède ces propriétés	1,3
σ^{10}	Validité de l'extrapolation	un objet observé ressemble à une partie d'une configuration connue	il s'agit effectivement d'une partie d'une telle configuration	1,3
<i>Comparaison : identité de grandeurs numériques</i>				
σ^{11}	Identité des longueurs d'objets ayant une forme similaire	deux polyèdres de même formes ont leurs arêtes deux à deux de même longueur	ces polyèdres sont identiques	1,2,3

R	Nom	Constat	Conséquence	t
σ^{12}	Identité des angles d'objets ayant une forme similaire	deux polyèdres de même formes comportent les mêmes angles caractéristiques	ces polyèdres sont identiques	1,2,3
σ^{13}	Mesure des propriétés d'un dessin	caractériser un objet de Cabri3D	mesurer ses grandeurs caractéristiques	1,2,3
<i>Nécessité interne à l'enchaînement des opérations de construction</i>				
σ^{14}	Mesures donnant lieu à un codage	caractériser un objet de Cabri3D	mesurer ses grandeurs caractéristiques et observer le codage	1,3
σ^{15}	Existence d'un objet désigné par un message contextuel	un message contextuel affirme qu'un objet peut être construit	cet objet est effectivement constructible	1,2
σ^{16}	Propriétés désignées par un message contextuel	un message contextuel apparaît à propos d'un objet	je peux utiliser la propriété indiquée par le message contextuel	1,2
σ^{17}	Désigner avec un outil	un objet est mis en surbrillance quand il est survolé par un outil	il peut être utilisé avec cet outil	1,2
σ^{18}	Création effective directe	la représentation d'un objet peut être construite dans Cabri 3D	cet objet existe effectivement	1,3
σ^{19}	Incapacité de création effective directe	l'utilisateur est incapable de construire un objet donné dans Cabri 3D	cet objet n'existe pas	1,3
σ^{20}	Création effective indirecte	un enchaînement d'actions menant à la construction d'un objet donné peut être réalisé, même si l'objet n'apparaît pas à l'écran	cet objet existe effectivement	1,3
σ^{21}	Procédure connue	la procédure de construction employée est connue et jugée valide	la construction est nécessairement conforme au résultat escompté	1,2,3

R	Nom	Constat	Conséquence	t
σ^{22}	Procédure déjà validée	une nouvelle procédure mène au même résultat qu'une procédure valide déjà connue	la nouvelle procédure est valide	3
σ^{23}	Équivalence des déconstructions instrumentales	deux objets admettent la même déconstruction instrumentale	ces objets sont identiques	1, 3
σ^{24}	Déconstruction instrumentale d'une configuration	la construction d'un objet est cohérent avec la déconstruction instrumentale d'une configuration	l'objet produit est cette configuration	1,3
σ^{25}	Test du degré de liberté	un point ne peut être déplacé que selon n dimensions	ce point est assujéti à une unité figurale nD/3D	1,2,3
σ^{26}	Résistance au déplacement	un objet conserve les propriétés souhaitées quand on déplace des objets ayant servi à sa construction	cet objet est correctement construit	3
σ^{27}	Test de mouvements simultanés	quand on bouge le point A, le point B bouge	B dépend de A	1,3
σ^{28}	Identification dynamique de la symétrie centrale	A et B bougent simultanément autour de C, qui reste le milieu de $[AB]$	A et B sont symétriques par rapport à C	1,3
<i>Invariance des unités figurales après déconstruction dimensionnelle et reconfiguration</i>				
σ^{29}	Utilité d'un ajout	la déconstruction dimensionnelle de l'objet augmenté est identique à celle de l'objet initial	l'augmentation est inutile	3
σ^{30}	Déconstruction dimensionnelle de l'objet visé	la déconstruction dimensionnelle de l'objet construit est identique à celle de l'objet visé	l'objet construit est identique à l'objet visé	1,3
σ^{31}	Propriétés de la géométrie plane	deux déconstructions dimensionnelles sont congruentes dans le plan	elles le sont dans l'espace	1
Cube				
<i>Superposition : identité de formes</i>				
σ_{cube}^1	Cube superposé	un cube identique à l'original lui est superposé	l'original est complété	1,3
<i>Nécessité interne à l'enchaînement des opérations de construction</i>				
σ_{cube}^2	Construction à partir d'arêtes tronquées	le prolongement de deux arêtes tronquées d'un cube s'intersectent	l'intersection est le sommet manquant	1,3

R	Nom	Constat	Conséquence	t
σ_{cube}^3	Construction à partir de faces tronquées	le prolongement de trois faces tronquées d'un cube s'intersectent	l'intersection est le sommet manquant	1,3
σ_{cube}^4	Construction d'un point dans le prolongement d'un segment	Un point C est le symétrique du point A par rapport à un point du segment $[AB]$	C est dans le prolongement de $[AB]$	1,3
σ_{cube}^5	Reproduction du cube collée au modèle	un cube identique à l'original lui est accolé, sur une face tronquée	le sommet manquant du cube est ainsi reconstruit	1,3
Coplanarité				
<i>Superposition : identité de formes</i>				
σ_{cop}^1	Observation du parallélisme	deux droites ont l'air parallèles	ces droites sont effectivement parallèles	1,3
σ_{cop}^2	Observation de l'intersection	l'intersection de deux droites est visible à l'écran	ces droites se coupent	1,3
σ_{cop}^3	Superposition de droites	deux droites apparaissent superposées	elles sont confondues	1,3
σ_{cop}^4	Point séparant deux droites	un point peut être construite entre deux droites, au lieu où elles devraient se couper	ces droites ne se coupent pas	1,3
σ_{cop}^5	Droite séparant deux droites	une droite peut être construite entre deux autres droites D_1 et D_2	ces droites ne se coupent pas	1,3
σ_{cop}^6	Plan séparant deux droites	un plan peut être construit entre deux autres droites D_1 et D_2	ces droites ne se coupent pas	1,3
σ_{cop}^7	Construction d'un plan ne contenant qu'une droite	un plan contenant une droite, mais pas la seconde, peut être construit	ces droites ne sont pas coplanaires	1,3
<i>Comparaison : identité de grandeurs numériques</i>				
σ_{cop}^8	Mesure du parallélisme : angles	les angles respectifs des deux droites D_1 et D_2 avec une troisième droite, ou un plan, sont tout deux 90°	ces droites sont parallèles	1,3
σ_{cop}^9	Distance nulle entre deux droites	la distance entre deux droites est 0cm	ces droites se coupent	1,3

R	Nom	Constat	Conséquence	t
σ_{cop}^{10}	Distance positive entre deux droites	la distance entre deux droites est strictement positive	ces droites ne se coupent pas	1,3
σ_{cop}^{11}	Inexistence de la distance entre deux droites	la distance entre deux droites ne peut être affichée	celle-ci n'existe pas, et donc les droites se coupent	1,3
σ_{cop}^{12}	Distance : droites non-coplanaires ou parallèles	la distance entre deux droites est strictement positive	ces droites sont parallèles ou non-coplanaires	1,3
σ_{cop}^{13}	Distance : droites non-coplanaires ou sécantes	la distance entre deux droites est nulle	ces droites sont sécantes ou non-coplanaires	1,3
σ_{cop}^{14}	Mesure du parallélisme : distances le long de segments de même direction	la distance mesurée entre deux droites, le long de deux segments de même direction reliant les deux droites, est constante	ces droites sont parallèles	1,3
σ_{cop}^{15}	Mesure du parallélisme : distances le long de segments parallèles	la distance mesurée entre deux droites, le long de deux segments parallèles reliant les deux droites, est constante	ces droites sont parallèles	1,3
<i>Nécessité interne à l'enchaînement des opérations de construction</i>				
σ_{cop}^{16}	Message désignant un point d'intersection : impossibilité	il est impossible de faire apparaître un message contextuel désignant un point d'intersection	ce point n'existe pas	1,3
σ_{cop}^{17}	Surbrillance simultanée de deux droites	deux droites apparaissent simultanément en surbrillance	ces droites se coupent	1,3
σ_{cop}^{18}	“point d'intersection” de deux droites : existence du point	il est possible de sélectionner deux droites comme arguments de “point d'intersection”	ces droites sont sécantes	1,3
σ_{cop}^{19}	“point d'intersection” de deux droites : coplanarité	il est possible de sélectionner deux droites comme arguments de “point d'intersection”	ces droites sont coplanaires	1,3

R	Nom	Constat	Conséquence	t
σ_{cop}^{20}	Construction d'un plan contenant une droite et un seul point de l'autre	un plan contenant une droite, mais un seul point de la seconde, peut être construit	ces droites ne sont pas coplanaires	1,3
<i>Invariance des unités figurales après déconstruction dimensionnelle et reconfiguration</i>				
σ_{cop}^{21}	Coplanarité de deux droites : polygone	un polygone comporte des arêtes dont les supports respectifs sont deux droites données	ces droites sont coplanaires	1,3
σ_{cop}^{22}	Parallélisme : par un point, il ne passe qu'une parallèle à une droite donnée	une parallèle à D_1 passant par D_2 est D_2 elle-même	ces droites sont parallèles	1,3
σ_{cop}^{23}	Séparation des droites	deux droites sont parallèles ou peuvent être séparées par une unité figurale	ces droites ne se coupent pas	1,3
σ_{cop}^{24}	Distance constante entre deux droites parallèles	la distance mesurée entre deux droites, selon une direction fixe, ne varie pas	ces droites sont parallèles	1,3
σ_{cop}^{25}	Des droites sécantes sont coplanaires	deux droites sont coplanaires et non-parallèles	ces droites sont sécantes	1,3
σ_{cop}^{26}	Parallélisme par double orthogonalité	il existe une perpendiculaire à D_1 qui est aussi perpendiculaire à D_2	ces droites sont parallèles	1,3
σ_{cop}^{27}	Impossibilité du parallélisme : droites coplanaires	deux droites sont coplanaires et apparaissent comme non-parallèles	ces droites ne sont pas parallèles	1,3
σ_{cop}^{28}	Impossibilité du parallélisme : droites vues sécantes	il existe un point de vue pour lequel deux droites données ont l'air sécantes	ces droites ne sont pas parallèles	1,3
σ_{cop}^{29}	Possibilité du parallélisme	deux droites observées ressemblent à la configuration "droites parallèles"	ces droites peuvent être parallèles	1

R	Nom	Constat	Conséquence	t
σ_{cop}^{30}	Mesure du parallélisme : obstruction	il est possible de réaliser, à propos de deux droites, une mesure incompatible avec leur parallélisme	ces droites ne sont pas parallèles	1,3
Reconstruction de prismes				
<i>Nécessité interne à l'enchaînement des opérations de construction</i>				
σ_{cons}^1	Identification dynamique de la symétrie axiale	A et B bougent simultanément autour de \mathcal{D} , qui reste médiatrice de $[AB]$	A et B sont symétriques par rapport à \mathcal{D}	1,3
σ_{cons}^2	Identification dynamique de la rotation	A et B bougent simultanément autour d'une unité figurale 0D/3D ou 1D/3D	B est l'image de A par une rotation autour de cette unité figurale	1,3
<i>Invariance des unités figurales après déconstruction dimensionnelle et reconfiguration</i>				
σ_{cons}^3	Propriétés invariante lors du déplacement	une propriété matérielle demeure invariante lors du déplacement d'unités figurales	il s'agit des conséquences d'une propriété de l'objet géométrique représenté	1, 3

Annexe C

Situation du cube tronqué

C.1 Énoncé

Binôme n°
Nom, Prénom
Nom, Prénom

L'activité suivante consistera à reconstruire, par divers moyens, le sommet manquant du cube. Vous pourrez utiliser pour cela tous les outils de Cabri 3D disponibles, et éventuellement une feuille de papier. Le but est de trouver le plus de manières différentes pour reconstruire le sommet manquant.

Dans le dossier “énoncé” de votre professeur, vous trouverez des dossiers portant des numéros : copiez sur votre bureau celui qui porte le numéro de votre groupe (numéro de votre dictaphone). Vous trouverez des fichiers avec ce cube dans ce dossier.

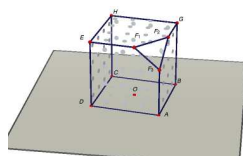


FIGURE C.1 – Cube tronqué

À chaque fois que vous estimerez avoir trouvé une manière de reconstruire le sommet, vous réaliserez une rapide description écrite de votre stratégie.

Méthode 1

...

C.2 Étude des procédures

S_1

ρ_1 Dans ce premier cas, la position du point est repérée visuellement dans l'espace entier : le contrôle de la validité repose sur l'identité de forme (σ^4) et la permanence de cette identité par changement de point de vue (σ^6), la construction sur le positionnement d'un point dans l'espace et le changement de point de vue (r^{10}, r^6, r^1). Il est éventuellement possible d'appuyer le contrôle de la forme par la reconstruction matérielle du tétraèdre manquant, soit par un polyèdre (r^{64}), soit par des segments ou triangles (r^{21}, r^{47}, r^{45}). Nous rattacherons donc cette procédure à la visualisation iconique.

ρ_2 La seconde procédure est similaire, mais sépare l'ajustement dans l'espace en deux opérateurs : ajustement horizontal (r^2) et vertical (r^3). Cela permet de séparer le contrôle des actions réalisées en σ^3 — contrôle du pointeur positionné sur le point A — et σ^2 , ce dernier contrôle du déplacement vertical étant plus fiable que σ^1 puisque les aberrations visuelles sont limitées. Ici encore, cette procédure est attachée à la visualisation iconique, mais laisse apparaître l'identification de sous-espaces pertinents pour le contrôle des actions.

S_2

ρ_3 Il s'agit ici d'ajuster la position du point sur un objet qui permette de mieux contrôler visuellement sa position. Une première procédure consiste à placer ce sommet sur le cube tronqué et à le déplacer, mais alors le point ne peut "sortir" de la face qui le porte, et ne peut atteindre la position recherchée.

Les opérateurs sont la construction et le déplacement d'un point sur un support (r^{14}, r^4), et l'identité de forme (σ^4) constitue toujours le critère de validité.

ρ_4 La seconde procédure envisageable consiste à prolonger une arête tronquée par une droite (r^{22} ou r_{cube}^6), à placer un point sur cette droite et ajuster sa position (r^{14}, r^4). Ici encore, cela suppose la fiabilité de cette information visuelle, et σ^4 étant essentiel à la validation cette procédure relève de la visualisation iconique.

ρ_5 Il est en outre possible de prolonger des unités figurales de dimension supérieure. Cette procédure est similaire à la précédente, mais r^{22} est remplacé par la construction d'un plan support d'une face (r^{37}). Nous interpréterons de la même manière cette procédure.

S_3

ρ_6 La construction d'un polyèdre peut offrir, par sa matérialité, une sensation de contrôle visuel plus efficace. Cette procédure consiste donc à construire un tétraèdre dont trois sommets sont les points F_1 , F_2 , F_3 , et le dernier est construit à la volée, puis éventuellement ajusté, par r_{cube}^1 , r^{64} ou r^{63} . Le contrôle, aussi bien des actions que des résultats, est exclusivement centré sur la forme, et cette procédure relève ainsi totalement de visualisation iconique.

ρ_7 Les difficultés relatives au contrôle de la forme étant persistantes, même à l'aide de repères visuels élaborés, il est possible de s'appuyer sur un tétraèdre régulier (r^{65}) : les propriétés de l'objet contrôlent alors sa forme.

Cependant, la tentative de contrôle des propriétés du point par celle de l'objet n'est pas anticipé, aussi si cette procédure fait signe vers l'apparition de la déconstruction instrumentale, elle relève néanmoins de la visualisation iconique.

 S_4

ρ_8 La construction des supports des arêtes tronquées peut s'effectuer par r^{20} , r^{22} ou r_{cube}^6 et est utilisée trois fois, ce qui permet de construire F comme un point d'intersection (r^{15} , r^{16} ou r^{17}). Le contrôle est néanmoins relatif à la forme (σ^4).

ρ_9 Une intersection peut en outre être surdéterminée quand deux unités figurales jouent le même rôle dans la construction, notamment si un plan support de face tronqué est construit (r^{37}) simultanément à une des arêtes tronquées de cette face. Une déconstruction instrumentale mettrait en évidence le caractère redondant — et donc peu efficace — de cette construction, aussi c'est de la reproduction d'une forme dont il est ici question.

 S_5

ρ_{10} Il s'agit ici d'utiliser des transformations familières comme outil permettant une construction par ajustement d'un argument de la primitive construit à la volée. Les symétries planes, rotations et translations sont peu connues, et la symétrie axiale se prête mal à une construction à la volée d'une primitive — l'axe de symétrie — qu'il serait possible d'ajuster, aussi nous ne considérons que la symétrie centrale.

Il s'agit donc de construire le symétrique d'un sommet (r^{53}) par rapport à un point construit à la volée, éventuellement sur un support : σ_{cube}^4 assure que le symétrique est aligné avec le sommet choisi et le centre de symétrie. L'ajustement de ce centre de symétrie — par exemple pour qu'il soit le milieu d'une arête ou d'une face —, sous le

contrôle de la forme (σ^4) permet alors de reconstruire le point F. Cette procédure met en jeu une construction élaborée, mais pourtant la nécessité d'isoler des unités figurales et de les relier par des transformations n'existe que dans l'action, et le contrôle de validité est exclusivement perceptif.

S_6

- ρ_{11} Cette procédure est similaire à ρ_1 , mais l'utilisation d'un outil de mesure vient appuyer la perception visuelle : r^{67} , r^{68} ou r^{75} permettent au contrôle "mesure des propriétés d'un dessin" (σ^{13}) de s'exercer et de pallier les déficiences visuelles. Ce type de procédure correspond, dans sa finalité et sa réalisation, à l'"arpenteur-géomètre".
- ρ_{12} Ici encore, il est possible de renforcer l'efficacité de σ^{13} en séparant le déplacement horizontal du déplacement vertical (r^2 et r^3).

S_7

- ρ_{13} Cette procédure consiste à s'appuyer sur ρ_4 ou ρ_5 , et de contrôler l'ajustement du point à l'aide de mesures comme dans ρ_1 .
- ρ_{14} Une seconde procédure s'appuie, non plus exclusivement sur les outils de mesure, mais sur la reproduction d'une grandeur par l'outil report de mesure (r^{52}).
Nous traitons à part cette procédure, puisque cet outil permet d'assurer l'égalité de grandeurs du point de vue géométrique. Il nous faudra donc être attentifs aux contrôles s'exerçant : une procédure cohérente avec S_7 ne pourra s'appuyer que sur l'identité de longueur (σ^{11}), et l'invocation d'une déconstruction instrumentale cohérente avec le cube (σ^{23}) relèvera en revanche d'une autre procédure et d'une autre stratégie.

S_8

- ρ_{15} Reconstruire le point F comme sommet d'un polygone peut s'appuyer sur l'outil "carré" (r_{cube}^2). Le contrôle de la construction relève donc du respect d'une procédure de construction (σ^{21}), l'ajustement a posteriori révèle la prise en compte des relations de dépendance entre unités figurales, mais ne fait pas intervenir la déconstruction dimensionnelle pour laquelle elle serait invalide.
- ρ_{16} La seconde procédure relevant de cette stratégie consiste à construire un 2n-gone régulier sur une face en ajustant la position de son centre (r^{59}).
Une telle construction met en jeu une unité figurale qui n'appartient

pas au cube, et à ce titre les moyens mis en œuvre relèvent de la visualisation non-iconique — on peut même considérer que c’est la déconstruction dimensionnelle qui permet d’assurer que F sera un sommet de ce polygone — : le contrôle de validité relève de σ^{24} ou σ^{30} .

En revanche, la réalisation fait appel à l’ajustement du centre qui n’a pas été construit auparavant, et de fait la réalisation ne met pas en jeu des propriétés géométriques.

S_9

ρ_{17} Comme pour ρ_{15} , il s’agit de reconstruire une unité figurale déjà présente — le cube, par r_{cube}^4 — portant le point F , mais en ajustant la position d’un des arguments. Il s’agit donc ici encore d’une déconstruction instrumentale dont la validité n’est pas assurée par la déconstruction dimensionnelle.

S_{10}

Toutes ces procédures peuvent bien entendu répondre aux quatre problèmes identifiés. De plus, du fait de la simplicité de leur mise en œuvre, nous tirerons peu de conclusions relative à leur emploi.

ρ_{18} Il s’agit de l’intersection de deux prolongement d’arêtes du cube, qui s’appuie sur r^{22} et r^{15} , r^{16} ou r^{17} . Les contrôles pourront être très variés : perceptif, s’appuyant sur la déconstruction instrumentale (σ_{cube}^2) ou la déconstruction dimensionnelle. . .

ρ_{19} La seconde procédure consiste à construire l’intersection des prolongements des faces tronquées, par r^{37} , qui est jugée valide par des contrôles similaires (dont σ_{cube}^3).

S_{11}

Nous considérerons pour les procédures suivantes qu’elles font d’autant plus appel à la déconstruction dimensionnelle qu’elles reposent sur la création d’unités figurales qui n’appartiennent pas directement au cube, c’est-à-dire ne se limitant pas à ses contours. Il en sera ainsi des diagonales de faces — unités figurales 1D/3D différentes des arêtes —, de cercles circonscrits — qui sortent de l’enveloppe convexe du cube — ou de grandes diagonales — qui ne sont pas portées par la frontière du cube. La particularité de ces procédures sera le besoin fréquent de construire en premier lieu des arguments définis géométriquement — notamment des milieux —, ce qui témoignera d’une importante anticipation, c’est-à-dire d’un contrôle a priori fort.

Pour cette raison, contrairement à certaines constructions plus “simples” (intersection des arêtes), nous n’avons pas jugé pertinent de séparer les procédures s’appuyant sur une construction purement géométrique de celles où

interviennent l'ajustement — par exemple pour ajuster la position du centre d'un cercle. Ces dernières procédures devront s'interpréter comme dérivant de la déconstruction dimensionnelle — faute de quoi elles n'auraient pas pu être anticipées — mais où l'ajustement est jugé apte à contrôler certaines actions.

- ρ_{20} La première procédure consiste à réaliser l'intersection de diagonales, droites s'appuyant sur la frontière du cube. Ces constructions nécessitent de construire le milieu des faces, et donc un important contrôle a priori : σ^{24} ou σ^{23} subordonnée à σ^{30} (déconstruction dimensionnelle d'un objet géométrique donnant lieu à une déconstruction instrumentale), construction de milieux de faces (r^{50}) et des diagonales (r^{20}) et leur intersection.
- ρ_{21} Le même type de procédure peut mettre en jeu des droites ne s'appuyant pas sur la frontière du cube, notamment la grande diagonale $[CF]$. Les opérateurs et contrôles sont les mêmes que pour la procédure précédente.
- ρ_{22} Il est ensuite possible de construire des plans ne s'appuyant pas sur la frontière du cube : ici encore le contrôle a priori doit être important. Par exemple, il peut s'agir de construire les plans médiateurs respectifs de la diagonale d'une face et d'une grande diagonale, ainsi que le support d'une face.
- ρ_{23} La construction de cercles circonscrits aux faces suppose pour sa part de faire intervenir des unités figurales extérieures au cube, et non-rectilignes. Ici encore, nous considérerons que cette construction s'appuie nécessairement sur σ^{23} subordonnée à σ^{30} pour motiver la construction des cercles circonscrits (r_{cube}^8).
- ρ_{24} Enfin, l'intersection de la sphère (r^9) avec une autre unité figurale permet elle aussi d'appliquer cette stratégie.

S_{12}

- ρ_{25} Il peut s'agir en tout premier lieu de construire le point F sur une droite par report de mesure, à l'aide d'un contrôle assurant que le report de mesure est valide d'un point de vue géométrique, c'est-à-dire σ^{23} subordonnée à σ^{30} assurant la validité de la succession d'opérateurs r^{22} , r^{70} (mesurant la longueur d'une arête), et enfin du report de mesure r^{52} .
- ρ_{26} Assurer les propriétés de F par la construction d'une unité figurale 2D/3D consiste à construire un polygone sur une face, comme pour ρ_{15} ou ρ_{16} , mais en assurant la validité de toutes les constructions du point de vue géométrique. En particulier, cela suppose la construction anticipée du centre d'une face (r^{50}), ce qui suppose que la validation

de la procédure doit s'effectuer antérieurement à l'action : σ^{23} s'appuie donc nécessairement sur σ^{30} .

ρ_{27} Les propriétés de F peuvent être assurées par la superposition d'un polyèdre, en l'occurrence d'un cube : par utilisation des mêmes primitives (σ^{23} et r^{65}), le même cube est construit une nouvelle fois, ce qui contrôle les propriétés du dernier sommet.

S_{13}

ρ_{28} Une autre construction de polyèdre peut s'appuyer sur une face du cube, et donc produire un cube identique (σ^5) collé à une des faces entières du cube. De proche en proche r^{66} permet de reconstruire un cube identique à $ABCDEFGH$, accolé à une face tronquée.

ρ_{29} Il est en outre possible de construire une unité figurale accolée au cube, non plus pour porter le point F , mais pour assurer sa construction. Il peut s'agir de construire le symétrique du cube par rapport à une face tronquée (r^{55}), par exemple $ABGF$, puis F comme le milieu de $[F_1F'_1]$, ce dernier point étant le symétrique de F_1 .

S_{14}

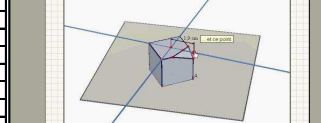
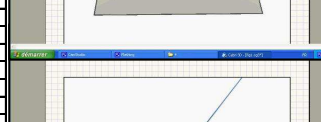
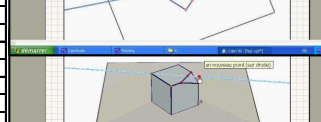
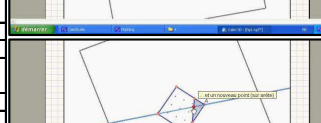
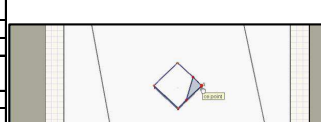
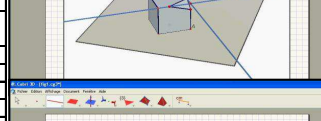
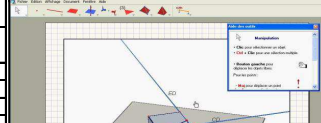
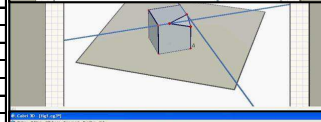
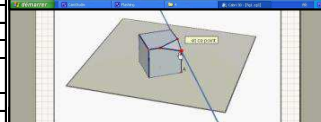
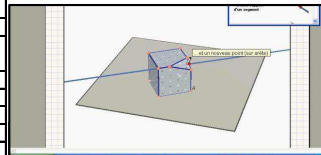
ρ_{30} Nous n'opérerons pas le détail de toutes les procédures s'appuyant sur les transformations, tant elles sont nombreuses et variées. Néanmoins, les procédures répondant à cette stratégie reposent sur les étapes suivantes :

- déconstruction dimensionnelle du cube (σ^{30}), qui permet d'identifier une déconstruction instrumentale adéquate (σ^{23}) faisant intervenir une transformation pour assurer une propriété
- construction de primitives nécessaires à l'utilisation de la transformation : milieu d'un segment ou d'une face (r^{50}), diagonale (r^{50} puis r^{20}), plan de symétrie du cube (r^{48})...
- construction du point F par transformation. Dans ce cas, la validation a déjà été effectuée a priori.

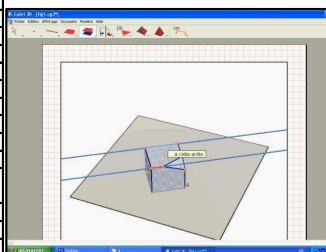
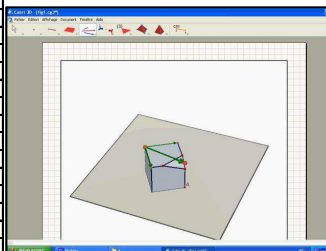
C.3 Transcriptions

Reconstruction d'un sommet du cube: premier groupe

Temps	
00:02:07.580 - 00:02:15.640	E1: [lit l'énoncé] Faut faire cette petite partie, là.
00:02:22.820 - 00:02:24.980	E1: Et comment on peut savoir?
00:02:25.340 - 00:02:38.800	E2: Je sais pas, ben c'est un cube, ça veut dire que les quatre côtés sont de même longueur, enfin tu vois. Donc là ça doit faire pareil, même longueur, et ça, ça doit être parallèle à l'autre. [désigne des arêtes tronquées]
00:02:43.740 - 00:02:46.700	E1: Attends passe, je vais tester.
00:02:50.360 - 00:03:18.060	Actions E1: Tentatives de construction de droites permettant de reconstruire le sommet, mais difficultés à les construire sur des arêtes Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:03:02.360 - 00:03:05.100	E1: Je ne sais pas comment on fait des parallèles...
00:03:15.300 - 00:03:18.520	E2: Non non non! Parce que là ça descend, regarde!
00:03:18.780 - 00:03:23.400	E1: Ouais, je sais! Il faut le faire à partir de ce point!
00:03:18.780 - 00:03:23.400	Actions E1: (GF2) Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:03:23.100 - 00:03:29.360	E2: Voilà! Ensuite t'en fais une de là à là! Les deux points, là!
00:03:32.300 - 00:03:34.220	Actions E1: (EF1) Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:03:37.360 - 00:03:40.680	E1: Donc voilà, c'est bon, on a trouvé
00:04:33.560 - 00:04:38.160	E2: Alors, première méthode! On dit quoi pour l'explication?
00:04:38.220 - 00:04:55.720	E1: Construire une droite passant par un sommet du cube, et un point de... du sommet de... la fracture... enfin je sais pas quoi...
00:05:34.160 - 00:05:36.120	E1: Tracer deux droites... non, je sais pas...
00:05:36.060 - 00:05:46.500	E2: Ah si, tracer deux droites passant par euuh... par...
00:05:45.960 - 00:05:47.100	E1: par les sommets...
00:05:47.300 - 00:05:58.640	E2: par les sommets... de chaque cube. Enfin, de chaque face...
00:06:09.820 - 00:06:15.220	Opérateurs E1: Point: intersection
00:06:16.680 - 00:06:31.460	E3: [inaudible]
00:06:35.460 - 00:06:37.280	E1: Bon on va les nommer, ce sera plus facile.
00:07:33.280 - 00:07:59.900	Actions E1: Cherche à nommer les droites
00:08:00.060 - 00:08:08.940	E1: Donc! Tracer les deux droites passant par les sommets E et D... Je ne sais pas comment on dit...
00:08:11.560 - 00:08:20.940	E2: Tracer deux droites perpendiculaires passant par le sommet manquant D et l'intersection des deux droites sera le point D
00:09:27.340 - 00:09:29.360	E3: Tracer la diagonale...
00:09:41.340 - 00:09:43.840	Généralités: Réinitialisent
00:09:45.920 - 00:09:48.520	E1: C'est quoi les diagonales?
00:09:50.960 - 00:09:53.120	E2: Ok je vais les faire!
00:09:51.020 - 00:10:17.200	Actions E2: Cherche à tracer la diagonale de la face supérieure, par ajustement. Difficultés pour trouver un second point par lequel construire la diagonale. Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:09:55.060 - 00:09:57.560	E1: Je ne sais pas si ça va marcher...
00:10:04.120 - 00:10:05.560	E1: Non, c'est pas ça.
00:10:15.660 - 00:10:18.000	E2: Il doit y avoir un autre truc.
00:10:26.960 - 00:10:29.260	E3: Trouver la moitié...
00:10:31.760 - 00:10:33.320	E3: La moitié de ça.
00:10:33.380 - 00:10:34.600	E1: La quoi?
00:10:34.640 - 00:10:37.620	E2: La moitié de ce segment là!
00:10:38.160 - 00:10:38.520	E1: Pourquoi?
00:10:38.540 - 00:10:46.840	E2: Ben comme ça ça trouve la moitié... enfin ça trouve le deuxième point en traçant la droite.
00:10:47.960 - 00:10:53.400	E1: Je comprends pas ce que tu veux dire.
00:10:51.800 - 00:11:01.560	E2: Bah trouver la moitié de ça... et quand tu traces la diagonale passant par la moitié de ce segment, ça fait le point.
00:11:01.440 - 00:11:04.320	E1: Mais comment je fais pour faire la moitié du segment?
00:11:04.400 - 00:11:06.120	E2: J'sais pas...
00:11:18.240 - 00:11:25.620	Actions E1: Mesure [F1F3] Opérateurs E1: Distance: deux points
00:11:26.320 - 00:11:28.540	Opérateurs E1: Annule
00:11:28.060 - 00:11:29.800	E2: On n'a qu'à diviser par deux, et...
00:11:54.080 - 00:12:07.440	Actions E1: Change de point de vue, jusqu'à une vue verticale Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:07.840 - 00:12:10.600	E1: Bah c'est bon, je l'ai trouvé, là!
00:12:12.320 - 00:12:14.120	E2: De quoi?
00:12:17.180 - 00:12:21.780	E1: Le... ça fait un carré, là! [la vue supérieure superpose A, F3 et la position du point F]
00:12:21.760 - 00:12:25.840	E2: Oui, mais... eh ben? Où tu vois que ça fait un carré?
00:12:26.200 - 00:12:43.840	E1: Ben c'est celui-là le point! [désigne la position de F2] C'est ça il faut changer de plan, en fait. En changeant de plan, tu peux déterminer approximativement où est le point! Là tu sais qu'il sera par là, mais par contre tu sais pas je... Enfin je ne sais pas...
00:12:26.200 - 00:12:43.840	Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:45.120 - 00:12:47.280	E2: Attends.
00:12:50.880 - 00:13:05.920	Actions E2: Trace une droite sur la face supérieure, passant sur le point A quand la vue est verticale Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:13:01.520 - 00:13:06.120	E1: Tu fais quoi, là? ouais, c'est ça!
00:13:23.520 - 00:13:30.200	Actions E2: Cherche, de même, à construire un point sur la droite, superposé au point A. [mais le point est construit sur F3] Opérateurs E2: Point: sur objet
00:13:30.840 - 00:13:34.320	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:13:34.000 - 00:13:35.560	E2: Non...
00:13:43.040 - 00:13:48.360	Actions E2: Place le point sur la droite, approximativement à la verticale de A Opérateurs E2: Point: sur objet
00:13:46.160 - 00:13:50.800	E1: Non mais arrête, tu fais quoi, là? T'es sûr que c'est là?
00:13:48.560 - 00:13:55.440	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:13:51.280 - 00:13:53.920	E2: On n'a pas eu de chance...
00:13:56.840 - 00:14:00.000	E1: On va dire que c'est là.
00:13:58.640 - 00:14:01.360	E2: Attends attends, je vais regarder un truc.
00:14:00.560 - 00:14:07.880	Actions E2: (EG) Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:14:08.040 - 00:14:14.400	E2: Là tu prends ça [distance]... Ah non j'ai pas fait de point.
00:14:17.600 - 00:14:19.440	Actions E2: Centre de la face supérieure Opérateurs E2: Point: intersection
00:14:20.200 - 00:14:26.640	Actions E2: distance de H au centre Opérateurs E2: Distance: deux points
00:14:26.840 - 00:14:31.120	E2: 40391
00:14:32.040 - 00:14:39.880	E2: Et tu peux mettre de ce point à ce point là: 1.9
00:14:33.880 - 00:14:36.960	Actions E2: distance du centre au point F Opérateurs E2: Distance: deux points
00:14:38.920 - 00:14:45.520	E1: Ouais, bon! C'est pareil! On va dire que c'est la même.
00:14:47.960 - 00:14:51.680	E2: [à personne tierce] On a trouvé! Les diagonales...
00:15:01.520 - 00:15:02.360	Généralités: Cabri quitte
00:16:32.320 - 00:18:13.600	Actions E2: Reproduit la construction
00:18:15.120 - 00:18:17.920	E2: Et là?
00:18:15.120 - 00:18:17.920	Actions E2: (AF3) Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:18:20.520 - 00:18:26.520	E2: Comme ça, regarde: hop!
00:18:20.520 - 00:18:26.520	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:18:27.080 - 00:18:34.760	E2: Pour voir si c'est bien dans l'alignement! Voilà, maintenant tu me mets ça sur la feuille.
00:18:52.480 - 00:19:13.000	E1: On trace la diagonale du cube... enfin du sommet... de la face supérieure du cube
00:21:41.720 - 00:21:45.280	E2: eh c'est bon là, on a fini?
00:22:22.440 - 00:22:25.080	Généralités: Réinitialise
00:23:39.920 - 00:23:44.320	E2: Ensuite... Qu'est ce qu'on pourrait faire d'autre?
00:23:48.000 - 00:24:33.480	Généralités: Les voisins parlent de vecteurs avec l'enseignant
00:25:03.360 - 00:25:09.880	E1: Perpendiculaire... teste ça, vas-y fais perpendiculaire!
00:25:07.520 - 00:25:10.840	Actions E2: Sélectionne l'outil "somme de vecteurs"
00:25:20.120 - 00:25:35.160	E2: Ce vecteur là égale à ce vecteur là, plus ce vecteur là. C'est un truc comme ça, je crois.
00:25:36.320 - 00:25:38.200	E1: Sûr?
00:25:38.280 - 00:25:48.760	E2: Ouais parce que tu sais, c'est les mêmes vecteurs! Tu fais le vecteur là (G) à là (F) est égal au vecteur ... là...
00:25:47.200 - 00:25:56.920	E1: Je pense tu fais le vecteur... celui là, plus celui là, là, tac, et on trouve le point.
00:25:57.680 - 00:26:03.840	E2: Ouais, et ça fait égal à ce vecteur là, la diagonale!
00:26:00.640 - 00:26:04.360	E1: Ouais, c'est pas bête, vas-y.

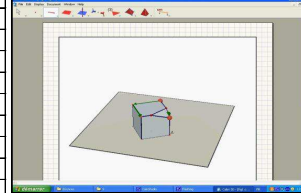
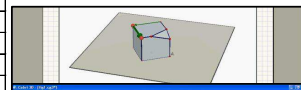
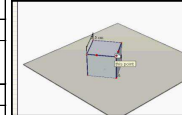
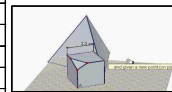
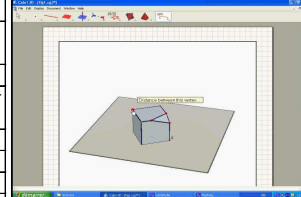
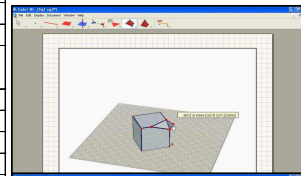


00:26:27.600 - 00:26:39.760	E2: Monsieur? En fait on doit additionner ces vecteurs là, pour trouver la diagonale, et on n'arrive pas à le faire...
00:26:39.280 - 00:26:41.040	Enseignant(e): Qu'est ce que vous n'arrivez pas à faire?
00:26:41.000 - 00:26:51.000	E2: Parce qu'on a cliqué sur l'icône "somme de vecteurs", et puis après on sait pas ce qui se passe, là.
00:26:50.440 - 00:26:56.240	Enseignant(e): Tu vois pas ce qui se passe? Mais est-ce que le vecteur a été créé d'une manière ou d'une autre?
00:26:56.080 - 00:27:00.800	E2: Bah oui! Le fait de cliquer ça l'a...
00:27:07.760 - 00:27:11.760	E2: Ah oui non, faut peut être cliquer sur le segment
00:27:11.280 - 00:27:24.520	Enseignant(e): Ce que tu veux faire, c'est l'image d'un point par une translation, donc une fois que t'as le vecteur, tu appliques le vecteur sur un point, et après ce qu'il faut trouver c'est l'image d'un point par le vecteur.
00:27:25.160 - 00:27:33.240	Enseignant(e): Tu comprends ce que je veux dire ou pas? Avant les vecteurs, on avait les translations! C'est déplacer un point, ce que tu veux faire...
00:27:33.280 - 00:27:34.720	E2: D'accord.
00:27:36.300 - 00:28:06.900	Actions E2: Conserve l'outil somme, dont il ne sait pas quoi faire.
00:28:07.840 - 00:28:16.400	E2: et sinon, pour la droite?
00:28:15.960 - 00:28:21.640	E1: Et sinon, somme de vecteur, tu prends la droite pour voir ce que c'est le vecteur machin...
00:28:24.400 - 00:28:26.600	E2: Ça? Vas-y, fais-le.
00:29:10.700 - 00:29:13.800	E2: Allez viens on change de technique...
00:30:28.360 - 00:30:45.860	Enseignant(e): Explications des translations par l'enseignant.
00:31:09.460 - 00:31:14.120	Généralités: Construction du vecteur HG (acteur?)
00:31:16.100 - 00:31:19.240	Généralités: Construction du vecteur HE
00:31:20.440 - 00:31:31.780	Généralités: somme des deux vecteurs, appliquée en H, construit F
00:31:31.720 - 00:31:34.140	E2: Et voilà, c'est bon!
00:31:38.840 - 00:31:41.080	E2: C'est ça monsieur?
00:31:41.460 - 00:31:42.360	Enseignant(e): si tu le dis!
00:31:45.060 - 00:31:54.740	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:31:54.800 - 00:31:56.800	E2: Ouais, ça doit être ça.
00:32:04.900 - 00:32:06.680	Actions E2: [EF] Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:32:09.700 - 00:32:11.560	Actions E2: [GF] Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:32:33.660 - 00:32:36.740	E1: Comment on pourrait expliquer ça?
00:32:38.160 - 00:32:48.160	E2: Ben tu dis "on a tracé deux vecteurs, le vecteur..."
00:32:48.160 - 00:32:50.800	E1: On a fait la somme de ça.
00:32:49.320 - 00:32:53.280	E2: Ouais mais d'abord faut dire qu'on a tracé deux vecteurs!
00:32:53.240 - 00:32:56.800	E1: Ben je sais pas, tu nommes les points.
00:33:00.400 - 00:33:04.440	E2: Donc avant faudrait dire qu'on a pris le sommet... la face supérieure.
00:34:30.240 - 00:34:49.880	E2: Regarde ce que j'ai dit. J'ai dit: on prend la face supérieure du cube, on trace les vecteurs... on va dire que ça [les points de la face supérieure] c'est A, B, C et D, et c'est ce qu'on cherche
00:34:50.600 - 00:34:52.120	E1: Ouais mais t'as déjà un point A.
00:34:52.280 - 00:35:11.760	E2: Oui non, mais tu les changes. Donc j'ai dit: les vecteurs BA et BC, j'ai dit qu'on a fait la somme des deux, et ça trouve le point qui est ici.
00:35:15.680 - 00:35:20.080	Généralités: réinitialise
00:35:20.720 - 00:35:28.320	E1: Je vais essayer un truc... Je sais pas, j'ai vu ça, perpendiculaire.
00:35:32.000 - 00:35:39.600	E1: Perpendiculaire... peut-être parallèle...
00:35:40.400 - 00:35:42.840	Actions E1: (GH) Opérateurs E1: Parallèle: à droite, par point
00:35:45.400 - 00:35:52.120	Actions E1: (EF) Opérateurs E1: Parallèle: à droite, par point
00:35:59.600 - 00:36:05.560	E1: et là tu fais "parallèle de cette droite à..."
00:36:05.880 - 00:36:16.680	Actions E1: (EH) Opérateurs E1: Parallèle: à droite, par point
00:36:18.920 - 00:36:28.880	Actions E1: (FG) Opérateurs E1: Parallèle: à droite, par point
00:36:30.120 - 00:36:36.160	E1: Et puis voilà. Création de point.
00:36:30.120 - 00:36:36.160	Opérateurs E1: Point: intersection
00:36:36.520 - 00:36:40.520	E2: Et donc je mets quoi comme explication?
00:36:40.520 - 00:36:47.520	E1: Vas-y j'écris! Cherche une autre en attendant.
00:36:59.040 - 00:37:09.640	E1: Ah attends! Y a les lettres là! (sur l'énoncé) On peut les réutiliser!
00:37:20.920 - 00:37:34.720	E3: Oui mais ça c'est la même chose que quand vous avez fait... la première méthode c'est exactement la même chose que ça! Sauf que là vous avez rajouté deux droites, c'est tout!
00:37:33.920 - 00:37:35.200	E2: Ouais j'avoue...
00:37:34.960 - 00:37:40.560	E1: Ouais... bon, ben on recommence.
00:37:44.320 - 00:37:58.920	E1: J'étais content, hein! [parcourt les outils: "plan médiateur"] C'est quoi, ça? Attends je vais essayer! Je crois que je sais ce que c'est.
00:37:58.760 - 00:38:07.040	Actions E1: de [AF3] Opérateurs E1: Plan médiateur: deux points
00:38:08.680 - 00:38:28.400	Actions E1: Observe les constructions proposées.
00:38:13.360 - 00:38:22.800	E1: il faut que je fasse un plan qui soit...
00:38:40.040 - 00:38:42.480	E2: tu fais quoi, là?
00:38:42.200 - 00:38:46.000	E1: J'essaie un truc.

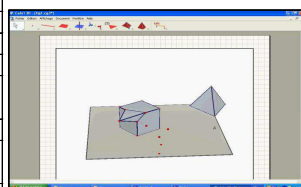
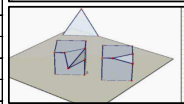
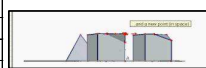
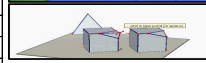
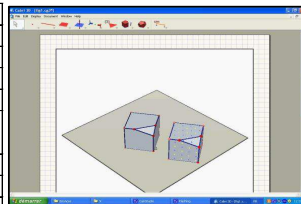


Reconstruction d'un sommet du cube: deuxième groupe

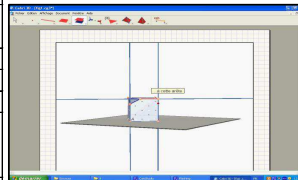
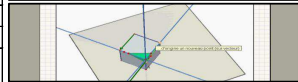
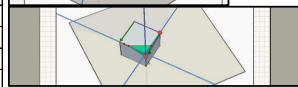
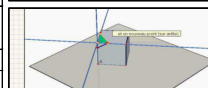
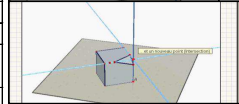
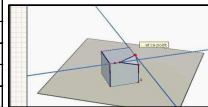
Temps	
00:00:21.818 - 00:00:29.298	E2: Euh, ouais c'est super, elle est déjà tracée la figure!
00:00:29.618 - 00:00:32.978	E2: Pourquoi elle est déjà tracée? On a de la chance!
00:00:34.178 - 00:00:39.938	E1: Faut continuer cette droite, on va continuer cette droite, ça va faire le sommet.
00:00:45.698 - 00:00:47.698	E2: Mais elle est déjà faite la figure, non?
00:00:47.938 - 00:00:55.058	E1: Non mais il faut faire le dernier so... faut continuer cette droite, continuer cette droite...
00:01:00.538 - 00:01:05.458	E2: Je vois pas ce qu'il faut faire...
00:01:12.698 - 00:01:16.018	Actions E1: (GF) Opérateurs E1: Droite: support de segment
00:01:16.098 - 00:01:18.698	E2: Qu'est ce que tu fais?
00:01:19.418 - 00:01:20.378	Opérateurs E1: Droite: support de segment
00:01:19.418 - 00:01:20.378	E2: Pourquoi tu traces des droites?
00:01:22.098 - 00:01:25.378	Opérateurs E1: Point: intersection
00:01:25.818 - 00:01:27.218	E1: Et voilà.
00:01:28.298 - 00:01:30.098	E2: Qu'est ce que tu fais?
00:01:35.298 - 00:01:45.818	E1: En fait voilà: en fait le but... Tu vois, là, il est tronqué, en gros il manque un morceau. Il faut reconstruire le point!
00:01:45.138 - 00:01:46.938	E2: Aaaaah! Ah ben tu l'as mal tracé, là!
00:01:46.778 - 00:01:50.458	E1: Ben pourquoi? Là c'est le point, donc après il suffit de...
00:01:51.338 - 00:01:55.178	E2: Ah d'accord! Tu veux qu'on reconstruise ce triangle là!
00:01:55.498 - 00:02:06.418	E1: Non, le... sommet! Tu vois, faut enlever, faut que ça soit le cube, quoi... complet. Donc méthode 1: on continue la droite...
00:02:06.400 - 00:02:07.800	E2: Comment on sait?
00:02:07.520 - 00:02:11.920	E1: (GA) Ben ça marche! Regarde
00:02:11.920 - 00:02:13.480	E2: Ben ça y est, et maintenant comment on fait?
00:02:13.360 - 00:02:15.080	E1: Ben voilà, ça c'est le point!
00:02:14.600 - 00:02:16.000	E2: Voilà, et après tu fais comment?
00:02:15.920 - 00:02:18.920	E1: Ben voilà c'est bon, on a le point! On a construit le sommet!
00:02:22.000 - 00:02:23.440	E1: Il faut reconstruire un sommet!
00:02:23.680 - 00:02:41.040	E2: Attends. [lit] "L'activité consiste à reconstruire par divers moyens le sommet manquant du cube. Vous pourrez utiliser pour cela tous les outils de Cabri 3D disponibles, et éventuellement la feuille de papier. Le but est de trouver le plus de manière différentes pour reconstruire le sommet manquant."
00:02:47.800 - 00:02:49.360	E1: Bon ça fait déjà une manière!
00:02:49.160 - 00:02:56.000	E2: [continue à lire: il faut rédiger une description]
00:02:55.080 - 00:02:59.760	E1: Il faut marquer: on conti... on...
00:02:59.760 - 00:03:02.440	E2: Mais pourquoi tu sais?
00:03:02.320 - 00:03:17.760	E1: Mais je le sais, c'est tout! Je l'ai fait dans ma tête! Regarde, si on continue cette droite et cette droite, ça va forcément tomber sur... L'intersection, ce sera forcément le point!
00:03:17.840 - 00:03:19.520	E2: Pourquoi?
00:03:19.520 - 00:03:22.160	E1: Parce que. Forcément.
00:03:25.040 - 00:03:27.360	E2: Bon ben alors faut rédiger.
00:03:26.920 - 00:03:28.720	E1: Ouais. Ben, tu veux bien écrire ou je note?
00:03:30.240 - 00:03:37.760	E2: [refuse]
00:03:38.000 - 00:03:50.320	E1: [à un autre étudiant] Eh, E., c'est quoi le terme exact mathématique pour dire "on continue"... tu vois, "on continue le segment en droite"? On allonge le segment. On le...
00:03:50.400 - 00:03:59.200	E2: Attends, on le... Ah, ben on crée un troisième... En fait, l'intersection des droites...
00:03:59.080 - 00:04:07.920	E1: ... passant par... Voilà! En fait... On n'arrive pas à trouver le terme exact pour dire "transformer le segment en droite", enfin l'allonger, je sais pas comment on dit.
00:04:08.680 - 00:04:24.800	Enseignant(e): c'est "tracer la droite qui est portée par le segment"
00:04:24.880 - 00:04:32.080	E1: Donc, on trace la droite, portée par le segment...
00:04:52.600 - 00:04:57.240	E2: Fais voir? On trace la droite qui est... qui passe...
00:04:57.120 - 00:05:01.800	Enseignant(e): Alors ce que vous pouvez utiliser aussi pour la rédaction, c'est les points. Je vous ai mis des noms de points, ici. [sur l'énoncé]
00:05:01.840 - 00:05:02.760	E1: Mais, il n'y a pas de point, par exemple pour ça.
00:05:02.800 - 00:05:11.600	Enseignant(e): Si, il s'appelle F2.
00:05:13.560 - 00:05:21.040	E1: Alors on trace la droite (GF2), passant par les points G et F2
00:05:33.560 - 00:05:47.280	E1: On trace la droite passant par les points E et F1, l'intersection de cette droite...
00:06:01.360 - 00:06:07.680	E2: Et après on trace la droite passant par les points E et F1
00:06:08.600 - 00:06:12.400	E1: de telle manière que...
00:06:12.800 - 00:06:19.160	E2: l'intersection soit le sommet manquant!
00:08:37.400 - 00:08:40.120	E1: Euh, peut être qu'il faut justifier?
00:09:05.280 - 00:09:08.040	Généralités: Réinitialisent.
00:09:19.240 - 00:09:24.360	E1: Qu'est ce qu'il y a comme propriété? "les droites se coupent en leur milieu"...
00:09:26.040 - 00:09:27.440	E2: Non.
00:09:26.800 - 00:09:30.880	E1: si si! les droites se coupent en leur milieu dans un parallélogramme, et ça c'est un parallélogramme!
00:09:30.600 - 00:09:33.040	E2: Ouais, non, mais non, mais c'est pas un parallélogramme.
00:09:36.680 - 00:09:42.080	Actions E1: Trace une grande diagonale. Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:09:41.880 - 00:09:44.280	E1: Ca fait une diagonale.
00:09:44.600 - 00:09:50.840	E1: Par... le point... Et le milieu de cette...
00:09:46.840 - 00:10:13.440	Actions E1: Outil "droite", sélectionne le point D, et cherche un second point pour construire l'autre diagonale.
00:09:52.480 - 00:09:54.560	E2: Ahah...
00:10:07.520 - 00:10:11.040	E2: Ouais, c'est là, je crois!
00:10:11.040 - 00:10:16.280	E1: Ouais, sauf qu'il faut pas que ce soit à l'oeil, il faut que ce soit dit par le logiciel!
00:10:16.440 - 00:10:20.520	E2: Mais c'est pas dit par le logiciel!
00:10:20.560 - 00:10:26.360	E1: Ouais mais, ben ça marche pas alors. Il faut trouver un moyen de dire que c'est le...
00:10:30.720 - 00:10:44.840	Actions E1: explore les réactions du logiciel avec l'outil "point"
00:10:43.520 - 00:10:46.200	E1: ça marche pas...
00:10:46.680 - 00:10:52.480	Actions E1: Outil "distance", abandonne très vite.
00:10:47.040 - 00:10:51.040	E1: ah, ptêt que ça, ça va...
00:11:00.120 - 00:11:08.960	E1: Ah ben oui, mais y a... on est cons! C'est pas une droite qu'il faut faire!
00:11:24.640 - 00:11:45.760	Actions E1: [DG] Opérateurs E1: Segment: à partir de deux points
00:12:11.080 - 00:12:14.040	Opérateurs E1: Milieu: segment/vecteur
00:12:26.040 - 00:12:36.360	Actions E1: Grande diagonale par F Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:12:33.680 - 00:12:35.040	E2: Eh mais j'ai compris!
00:12:50.840 - 00:12:54.520	E2: Faut que tu retraces encore une de tes droites.
00:12:54.800 - 00:13:05.600	E1: On va faire un segment dont le milieu est ce point. Qui passe par ce point et dont le milieu est ce point!
00:13:09.480 - 00:13:20.520	Actions E1: Cherche à construire le segment en ajustant la position du second point: échec



00:13:21.040 - 00:13:26.840	E1: Non c'est pas ça. Ce qu'il faut...
00:13:26.840 - 00:13:47.200	Actions E1: Recherche dans les menus d'outils.
00:14:29.120 - 00:14:36.240	Actions E1: Longueur de la diagonale Opérateurs E1: Longueur: d'un objet
00:14:57.440 - 00:15:03.280	Actions E1: (CF) Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:15:03.440 - 00:15:11.560	E1: Et... on prend cette longueur, et on la met là.
00:15:36.320 - 00:15:52.160	E1: [discussion avec un groupe voisin] Ah ouais on est bêtes! Eux ils ont fait direct comme ça [trace du pointeur la diagonale de la face supérieure]
00:15:36.320 - 00:15:52.160	Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:56.480 - 00:15:58.360	Généralités: Réinitialise
00:16:06.400 - 00:16:13.280	Actions E1: [EG] Opérateurs E1: Segment: à partir de deux points
00:16:08.800 - 00:16:18.680	E2: Ouais c'est pas bête comme ça! Et maintenant tu relies avec le point A!
00:16:37.880 - 00:16:40.680	E2: Et maintenant tu fais ça tel que... voilà! [E1 s'apprête à construire la seconde diagonale]
00:16:40.760 - 00:16:44.120	E1: ça... Mais sauf qu'il faut que ça passe par le milieu!
00:16:45.600 - 00:16:46.920	E2: Ben voilà!
00:16:46.960 - 00:16:49.920	E1: Non non, c'est pas le milieu là! Tu sais pas si c'est le milieu!
00:16:50.880 - 00:16:51.960	E2: Ben comment on fait alors?
00:16:52.920 - 00:16:54.480	E1: J'en sais rien...
00:17:19.040 - 00:17:26.240	E1: Ah mais si! C'est le point, voilà! Le point par rapport à cette droite!
00:17:26.440 - 00:17:28.440	E2: Le plan médiateur? [E1 parcourt les menus et survole cet outil]
00:17:35.320 - 00:17:46.840	Opérateurs E1: Symétrie axiale
00:17:46.960 - 00:17:49.120	E2: Ouh là, tu l'as fait rétrécir!
00:17:47.200 - 00:17:54.840	Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:17:50.600 - 00:17:54.960	E2: T'as fait rétrécir notre carré! Y a un truc que je comprends pas.
00:17:55.080 - 00:17:56.000	E1: Et voilà!
00:17:58.880 - 00:18:01.120	E2: Ah, des parallèles!
00:18:01.240 - 00:18:03.520	E1: Non, tu fais un point symétrique...
00:18:03.600 - 00:18:05.960	E2: Oui un point parall... Oui mais il est parallèle, là!
00:18:06.080 - 00:18:07.800	E1: Il est symétrique!
00:18:07.880 - 00:18:08.840	E2: Parallèle.
00:18:09.640 - 00:18:10.480	E1: non.
00:18:10.600 - 00:18:13.960	E2: Ah oui, le symétrique d'un point par rapport à une droite!
00:18:14.080 - 00:18:17.560	E1: Voilà! Symétrie axiale! C'est la symétrie d'un axe.
00:18:21.560 - 00:18:27.200	E1: Vas-y. En gros on a fait l'axe... on a fait un axe...
00:18:51.240 - 00:18:54.320	E1: non il faut mettre qu'on a fait un axe!
00:18:54.400 - 00:19:03.280	E2: On a fait le symétrique du point H par rapport au segment [EG].
00:19:03.400 - 00:19:05.600	E1: L'axe EG
00:19:05.720 - 00:19:08.000	E2: Mais non, ça s'appelle un segment!
00:19:08.040 - 00:19:11.440	E1: Ouais mais non, mais si tu veux on fait une droite! Non mais il faut faire une droite.
00:19:11.520 - 00:19:19.480	E2: Non mais tu peux faire... il y a deux définitions, le symétrique d'un point par rapport à une droite, le symétrique d'un point par rapport à un segment.
00:19:22.760 - 00:19:37.040	E2: Du point H, par rapport ...
00:19:47.800 - 00:19:49.120	Généralités: Réinitialise
00:19:58.080 - 00:20:01.480	Actions E2: Parcourt les menus: transformations
00:19:58.080 - 00:20:05.240	E2: Ouais... Symétrie c... Ah mais non, mais... Symétrie centrale, voilà.
00:20:05.360 - 00:20:06.440	E1: Ben si, t'as raison aussi!
00:20:06.480 - 00:20:07.280	E2: Ouais je sais!
00:20:07.320 - 00:20:08.200	E1: On va faire la symétrie...
00:20:08.320 - 00:20:10.560	E2: Si on faisait des vecteurs? Mais je pense pas que...
00:20:08.320 - 00:20:10.560	Actions E2: Survole l'outil "somme de vecteurs"
00:20:10.858 - 00:20:19.640	E1: Ben si! C'est ça que je voulais faire, maintenant! On va faire ce vecteur ça, plus ce vecteur ça... que l'on va mettre à partir de ce point là!
00:20:19.800 - 00:20:27.520	E2: Non, mais non, c'est pas ça. C'est: vecteur ça, plus vecteur là, ça fait vecteur...
00:20:27.640 - 00:20:44.200	E1: Ouais, non mais: ce vecteur là, plus ce vecteur là, ça va faire: le point. Ben si! Si tu veux je te montre! Somme vectorielle... Somme de vecteurs...
00:20:38.200 - 00:21:38.240	Actions E1: Cherche à utiliser "somme de vecteurs" sans que les vecteurs soient construits.
00:21:01.760 - 00:21:04.480	E1: Ouais? Ouais, d'accord...
00:21:04.920 - 00:21:06.960	E2: Mais pourquoi ça bugge?
00:21:06.880 - 00:21:19.880	E1: Somme de vecteurs ayant pour origine ce sommet... Ok d'accord... Y a un truc qu'on fait mal.
00:21:39.120 - 00:21:40.920	E2: Attends, laisse, je vais le faire.
00:21:39.600 - 00:21:57.080	Actions E2: Plusieurs essais identiques: outil "somme de vecteurs", sélection d'une origine, impossibilité de poursuivre.
00:21:46.040 - 00:21:49.560	E1: Y a un truc qu'on fait mal, donc...
00:21:51.240 - 00:21:53.680	E2: Attends, attends...
00:21:53.760 - 00:21:57.000	E1: Mais tu pourras essayer autant de fois que tu veux, ça marchera pas.
00:22:08.200 - 00:22:09.800	E1: Qu'est ce que tu fais?
00:22:08.200 - 00:22:09.800	Actions E2: Déplace F1, involontairement. Opérateurs E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:22:12.400 - 00:22:14.160	E2: Tu vois j'ai fait quelque chose!
00:22:14.280 - 00:22:16.840	E1: Ouais! T'as tout changé!
00:22:16.920 - 00:22:18.680	E2: Ouais, je sais.
00:22:32.160 - 00:22:35.320	E2: Ben voilà, on a le cube entier!
00:22:35.480 - 00:22:43.160	E1: Ouais, t'as raison! [rires] On change le vecteur, on bouge le vecteur et on...
00:22:45.360 - 00:22:47.960	E1: Ben vas-y, on le met!
00:22:48.200 - 00:22:50.680	E2: Quoi? Mais c'est bon, hein! [rires]
00:22:50.760 - 00:22:52.640	E1: Ben ouais, vas-y!
00:23:21.240 - 00:23:23.000	E1: En fait tu sais même pas ce que t'as fait!
00:23:23.040 - 00:23:24.680	E2: Si, j'ai déplacé le vecteur!
00:23:24.840 - 00:23:26.720	E1: C'est, ben non, on déplace pas de vecteur.
00:23:29.480 - 00:23:31.720	E1: T'as bougé le point.
00:23:31.720 - 00:23:32.520	E2: Voilà!
00:23:32.920 - 00:23:39.200	E1: Vas-y, mets-le: t'as bougé le point, au maximum, sur les deux segments.
00:24:44.000 - 00:24:58.680	E1: Eh monsieur on avait un problème avec les deux vecteurs, somme de vecteurs. On avait un problème avec la somme de vecteurs, parce qu'il faut mettre à partir de celui-là [H], on voulait mettre ce vecteur là plus ce vecteur là, ça fait le point, mais quand on clique...
00:24:59.120 - 00:25:06.440	E2: Et du coup en ayant un petit peu de chance, on a réussi à déplacer le vecteur F1 au maximum.
00:25:06.640 - 00:25:09.960	E1: Il a bougé le point et ça fait le cube!
00:25:10.120 - 00:25:10.720	Enseignant(e): Ah oui!
00:25:10.800 - 00:25:13.680	E1: Non mais le vecteur par contre, on n'a pas...
00:25:25.080 - 00:25:27.280	Enseignant(e): Qu'est ce que tu veux faire avec les vecteurs?

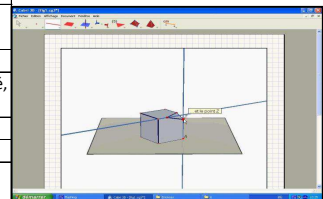
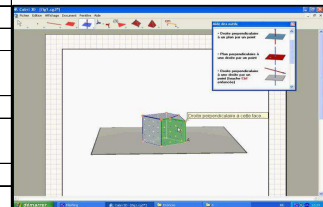
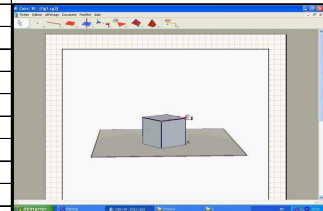


00:25:27.440 - 00:25:31.880	E1: La somme de ce vecteur là plus ce vecteur là, ça doit former ce vecteur là.
00:25:31.880 - 00:25:32.800	Enseignant(e): Oui, et alors?
00:25:32.880 - 00:25:35.480	E1: Eh ben ça trouvera le... une autre méthode!
00:25:36.400 - 00:25:40.480	Enseignant(e): Oui, mais alors le ve... c'est pas un vecteur que tu veux, c'est avoir l'extrémité du vecteur!
00:25:40.600 - 00:25:41.120	E1: Oui voilà!
00:25:41.440 - 00:25:56.840	Enseignant(e): C'est-à-dire l'image d'un point par une translation! Donc il faut non seulement que tu crées le vecteur, mais après que tu crées l'image d'un point par la translation. Donc une fois que t'as créé le vecteur, tu change pour aller vers les translations. Il doit y avoir un outil, ça doit être là dedans...
00:27:08.760 - 00:27:12.080	Généralités: Réinitialise
00:27:15.640 - 00:27:18.600	E1: On peut faire le sommet de ce triangle, aussi! [le tétraèdre manquant]
00:27:25.280 - 00:27:52.680	Actions E1: Cherche à ajuster la position du dernier sommet Opérateurs E1: Tétraèdre
00:27:26.920 - 00:27:32.960	E2: Ah mais oui, on n'a qu'à juste créer le triangle! C'est ce que je te disais depuis tout à l'heure!
00:27:37.120 - 00:27:43.080	E2: ouh là, il y a un problème là... c'est moche...
00:27:52.760 - 00:27:54.680	E1: Non ça le fait pas!
00:28:02.480 - 00:28:04.000	E1: Et par translation?
00:28:04.080 - 00:28:06.680	E2: J'ai pas compris c'est quoi translation...
00:28:10.840 - 00:28:13.960	E2: Aaaaah, mais oui, si on translate ce vecteur là par ce vecteur là, ça fait...
00:28:14.240 - 00:28:26.040	Actions E1: Tentative de réaliser une translation.
00:28:59.600 - 00:29:24.400	Actions E1: Création d'un tétraèdre sur le triangle d'intersection: échec. Opérateurs E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:29:02.240 - 00:29:05.480	E1: Attends, peut être que ça marche...
00:31:05.120 - 00:31:11.000	E2: Déjà, si on essaie de trouver cette histoire de translation vectorielle, ça nous fera la 4e méthode!
00:31:34.400 - 00:31:38.720	E2: Ça revient au même si on faisait ça avec les droites?
00:32:13.800 - 00:32:25.600	E1: Mais monsieur on n'arrive pas! On a un problème, pour "somme de vecteurs"
00:32:25.640 - 00:32:28.160	E2: Non mais il nous a dit qu'il fallait faire avec la translation vectorielle.
00:32:28.160 - 00:32:30.080	Enseignant(e): Qu'est ce que vous voulez faire?
00:32:30.200 - 00:32:33.400	E1: On va faire la somme de ce vecteur là plus ce vecteur là, ça donne le vecteur.
00:32:35.560 - 00:32:38.880	Enseignant(e): T'es sûr de ça? Parce que si tu fais ce vecteur là, plus ce vecteur là, ça donne...
00:32:38.960 - 00:32:40.760	E2: Ah non, ça donne ce vecteur là, quoi!
00:32:41.280 - 00:32:43.200	E1: En fait, celui là plus celui là!
00:32:43.480 - 00:32:50.920	E2: En fait la translation de ce vecteur là, donc normalement ça donne ça, et la translation de ce vecteur là, donc ça doit se couper, donc ça doit nous faire un point.
00:32:51.360 - 00:33:14.360	Enseignant(e): Alors, en fait ce qu'il faut savoir c'est que Cabri, pour lui un segment et un vecteur ça n'a rien à voir. C'est pas la même chose parce que c'est un logiciel, c'est pas très malin, donc il faut d'abord le faire travailler. Là vous avez plein de menus où il y a segment, là tu peux définir des vecteurs [prend l'outil vecteur"], donc une fois que tu définis ces vecteurs-là, après tu peux travailler avec les vecteurs. Mais il faut commencer par cette étape là.
00:33:06.160 - 00:33:10.240	Actions E1: HE Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:33:14.800 - 00:33:16.480	E2: Aaaaah!
00:33:15.360 - 00:33:20.640	Actions E1: HG Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:33:16.760 - 00:33:18.360	E1: D'accord.
00:33:21.280 - 00:33:31.040	Actions E1: Construit F par somme appliquée en H Opérateurs E1: Somme de deux vecteurs
00:33:33.720 - 00:33:37.440	E1: ... d'origine ce sommet, ça donne le point.
00:33:37.520 - 00:33:44.680	E2: Ah ouiii, j'avais pas pensé! Je pensais que ça faisait ce vecteur là... Ah oui, c'est pas ce vecteur là plus...
00:33:44.720 - 00:33:45.680	E1: Oui! Vas-y, marque.
00:33:51.800 - 00:33:58.160	E1: Le vecteur HE plus HG, d'origine H, donne le point manquant.
00:33:59.440 - 00:34:01.880	E2: Non mais ça c'est pas... La relation de Chasles, c'est quoi, c'est vecteur, euh...
00:34:02.000 - 00:34:06.640	E1: Ouais, c'est la relation de Chasles! Là c'est le parallélogramme, c'est la règle du parallélogramme!
00:34:07.160 - 00:34:10.920	E2: Mais non, mais celle de AB plus AC c'est égal au vecteur BC?
00:34:11.080 - 00:34:16.560	E1: Ouais non, mais ça c'est Chasles, là c'est relation du paralléloramme: ça plus ça égal à ça.
00:34:16.920 - 00:34:22.520	E2: ... plus AC est égal au vecteur BC. Ça plus ça, c'est égal à ça. Enfin c'est égal à ça.
00:34:22.680 - 00:34:32.240	E1: Ouais mais non! Puisque là c'est pas la relation de Chasles. La relation de Chasles c'est pour un triangle, là c'est quatre sommets. Si tu veux c'est ça plus ça ça donne ça. C'est la relation du parallélogramme.
00:34:32.520 - 00:34:40.520	E2: Donc c'est AB plus AC est égal au vecteur...
00:34:40.560 - 00:35:09.480	E1: Vas-y, tu marques? Attends il faut se rappeler du vecteur! Vecteur HE, plus vecteur HG, égal... D'origine H...
00:35:20.800 - 00:35:22.840	E2: Non, là tu t'embrouilles, là
00:35:27.440 - 00:35:47.160	E1: ... qui donne le vecteur "H - extrémité du sommet"... On va mettre "E égal extrémité du sommet"... Mais si il faut le mettre, sinon ils vont pas comprendre! Il faut tout expliquer!
00:36:01.480 - 00:36:08.640	E1: Ah oui, non, pas E, il faut mettre E1! Mets E1!
00:36:12.680 - 00:36:21.600	E1: Extrémité du sommet?? ça veut rien dire!! tu mets "sommet manquant"!
00:37:24.040 - 00:37:25.800	Généralités: Réinitialise

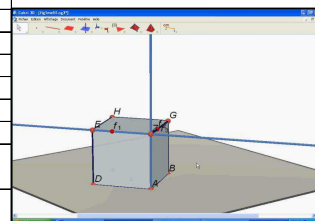


Reconstruction d'un sommet du cube: troisième groupe

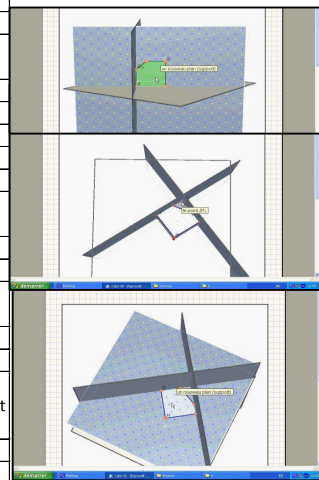
Temps	
00:01:24.080 - 00:01:26.180	E1: Ok, il faut arriver à trouver le plus de méthodes pour arriver à enlever ce point.
00:01:29.450 - 00:01:30.820	E2: Pour refaire le sommet, tu veux dire?
00:01:30.950 - 00:01:33.020	E1: Pour faire le sommet, pour que ça fasse un carré.
00:01:33.320 - 00:01:36.600	E2: Donc un carré, c'est...
00:01:36.840 - 00:01:38.400	E1: Je remplis la feuille.
00:01:44.560 - 00:01:49.360	E2: Comment on fait... faut trouver la longueur...
00:02:13.680 - 00:02:15.840	E1: faut que tu changes de curseur!
00:02:25.480 - 00:02:40.920	E1: Donc, méthode 1. Ben déjà, on pourrait déplacer ce point là. Si on déplace ce point, dans l'axe...
00:02:25.480 - 00:02:40.920	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:02:40.920 - 00:02:43.200	E2: En hauteur!
00:02:40.920 - 00:02:43.200	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:02:43.240 - 00:02:44.320	E1: Ouais.
00:02:46.160 - 00:02:48.880	E1: Ben, on peut pas le programmer pour que ce soit perpendiculaire?
00:02:49.280 - 00:02:51.760	E2: Si si.
00:02:51.800 - 00:02:52.680	E1: Ben vas-y, fais-le.
00:02:52.920 - 00:02:54.640	E2: Ah si, ah oui, oui!
00:02:53.120 - 00:03:55.000	Actions E2: Explore les réactions du logiciel avec l'outil perpendiculaire
00:02:55.600 - 00:02:59.920	E1: Monsieur, on peut le programmer pour que ce soit perpendiculaire à...
00:03:00.440 - 00:03:03.920	E2: "Perpendiculaire passant par ce point..."
00:03:03.960 - 00:03:05.720	E1: Il faut que ce soit perpendiculaire à cette droite et cette droite, ce point.
00:03:05.880 - 00:03:08.480	E2: eh mais c'est un plan, ça! Pourquoi il me dit un plan?
00:03:08.920 - 00:03:33.040	Enseignant(e): Alors, pour utiliser les outils, je vous conseille vraiment la touche F1, parce que ça vous explique, vous allez voir. Généralement, perpendiculaire ce sera soit une droite perpendiculaire à un plan, soit un plan perpendiculaire à une droite. Et pour tracer une droite perpendiculaire à une droite, si vous descendez vous voyez qu'il faut appuyer sur "ctrl" en même temps, et du coup ça vous permet de tracer une droite perpendiculaire à une autre.
00:03:33.840 - 00:03:37.680	E1: Ok. Ben en fait on les a déjà les droites.
00:03:38.360 - 00:03:40.080	Enseignant(e): Après je vous laisse travailler...
00:03:49.720 - 00:03:55.000	E2: "passant par un nouveau point sur "arête".
00:03:58.440 - 00:04:01.560	E2: Bond déjà première méthode c'est quoi, on lève le machin?
00:04:01.640 - 00:04:03.440	E1: Ouais, on lève pour que cette droite soit perpendiculaire à cette droite.
00:04:09.120 - 00:04:14.160	E2: Dis moi ce qu'il faut mettre! Méthode 1.
00:04:16.040 - 00:04:31.520	E2: Tu dis: on ajuste la hauteur du... sauf si tu veux que j'écrive, hein...
00:04:40.680 - 00:04:46.520	E2: Mais attends, on peut pas nommer le point? Parce que là, on a juste un point.
00:04:51.520 - 00:04:56.720	E1: Mais de toute façon, on peut pas le nommer, parce que si on le nomme, on peut...
00:05:33.960 - 00:05:38.440	Actions E2: outil "perpendiculaire", étude de l'aide
00:05:33.960 - 00:05:40.400	E1: Perpendiculaire un point! à un plan, mais oui! On peut faire perpendiculaire à un plan!
00:05:40.560 - 00:05:42.360	E2: Ah oui par rapport à ce plan là! [(ADE)]
00:05:42.640 - 00:05:46.760	E1: Un plan, oui oui, voilà, ou l'autre, comme tu veux, c'est pareil.
00:05:48.760 - 00:05:51.640	E2: "Droite perpendiculaire à une droite par un point"
00:05:51.720 - 00:06:02.360	E1: Bah oui parce que, mais oui! Parce que si on fait par rapport à ce plan et par rapport à ce plan, bah la section des deux droites fera que le point se trouvera là!
00:06:03.440 - 00:06:07.360	E2: il faut qu'on fasse un plan perpendiculaire! Une droite ou un plan?
00:06:07.720 - 00:06:19.840	E1: On peut faire par rapport à un plan. Enfin je veux dire, comme on veut, mais là il y a la droite (AZ) qui coupe cette droite là!
00:06:21.360 - 00:06:23.920	E2: quand ça prolonge la droite quoi?
00:06:24.120 - 00:06:25.760	E1: Ouais voilà! Si on prolonge les deux droites.
00:06:33.560 - 00:06:36.520	Actions E2: (EF) Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:06:36.920 - 00:06:43.560	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:06:44.160 - 00:06:49.520	Actions E2: (AF) Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:06:50.400 - 00:06:54.720	E1: Et voilà, et le point z, normalement, se trouve à l'intersection entre les deux points.
00:06:55.200 - 00:06:59.600	E2: Ben non, pas tout de suite! Ah oui le point z, tu dis, attends...
00:06:59.640 - 00:07:04.600	E1: si on le monte, si on le monte! [le point nommé z est en fait F3] Si on veut faire un carré, ouais... Non? Je ne sais pas...
00:07:04.760 - 00:07:10.480	Actions E2: Monte le point z Opérateurs E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:07:07.560 - 00:07:11.880	E2: Voilà! Et c'est un carré.
00:07:14.160 - 00:07:33.920	E1: Ouais c'est ça, ouais! Attends, il faut le noter, je sais pas comment. Alors, méthode 1. On sait que deux droites d'un carré... Non, que deux côtés d'un... non, que deux...
00:07:33.920 - 00:07:40.360	E2: Attends, regarde, ils sont nommés, on n'a pas vu!
00:07:47.800 - 00:07:56.720	E2: Alors, c'est F3, là! Là c'est E, on est d'accord?
00:07:56.720 - 00:08:56.000	Généralités: Nomment les points
00:08:32.000 - 00:08:35.200	Actions E2: Change d'échelle
00:15:44.340 - 00:15:51.760	E1: On sait que la droite passant par E et perpendiculaire...
00:15:51.880 - 00:15:56.020	E2: Attends, on sait que la droite (EF)...
00:15:56.220 - 00:16:03.000	E1: Ou alors on peut dire que cette droite et cette droite sont parallèles, et que cette droite et cette droite sont parallèles...
00:16:04.920 - 00:16:05.900	E2: donc?
00:16:06.360 - 00:16:10.840	E1: Non non, pardon... Je déteste justifier...
00:16:11.680 - 00:16:35.600	E2: On sait que si... que si le carré EHG... on sait que si EHG est un carré, alors EF...
00:17:17.560 - 00:17:21.320	E2: On sait que si la droite passant par...
00:17:20.360 - 00:17:35.840	E1: Ah ben oui, F3! C'est simple, on dit: dans un carré, on sait que dans un carré les droites... les côtés des faces sont... les arêtes...



00:17:51.000 - 00:18:17.200	E1: On sait que dans un carré, les arêtes d'un côté... les côtés... Attends, côté pour toi, c'est ça?
00:18:17.800 - 00:18:22.680	E2: Ah non, un côté, c'est... ah non, ça c'est une face, un côté c'est ça!
00:18:22.680 - 00:18:34.680	E1: Le vocabulaire je le mets à côté: face, côté... côté c'est les côtés de la face.
00:19:01.040 - 00:19:07.840	E1: C'est simple, on va dire...
00:19:09.840 - 00:19:38.520	E2: Deux côtés dans un carré, ce sera forcément perpendiculaire... Alors le prolongement du côté de [EF1] et de [GF2] coupera (AZ) perpendiculairement
00:19:40.120 - 00:19:55.520	E2: Comme dans un carré les deux...
00:20:08.360 - 00:20:22.680	E1: Bon faut se dépêcher! On sait que dans un carré les... chaque face est pareille! Mais oui: chaque face d'un carré sont égales.
00:20:42.200 - 00:20:56.600	E1: Or dans la figure 1...
00:21:21.560 - 00:21:23.960	E1: Bon de toute façon j'écris, vas-y.
00:21:24.160 - 00:21:28.960	E2: Comme dans un carré les côtés sont perpendiculaires,
00:21:52.240 - 00:22:04.720	E2: alors le prolongement du côté [Z
00:22:10.480 - 00:22:14.160	E1: le prolongement du côté [F3F2]...
00:22:15.680 - 00:22:21.560	E2: Excuse moi: le prolongement de [EF1]
00:22:21.840 - 00:22:24.600	E1: Bah non, F1 et... [F1E]
00:22:24.760 - 00:22:29.720	E2: Non non, [EF1], c'est comme ça
00:22:30.520 - 00:22:32.600	E1: Ah parce que c'est spécial, c'est un vecteur?
00:22:32.680 - 00:22:35.640	E2: Non c'est pas un vecteur!
00:22:39.920 - 00:22:53.120	E1: Alors: comme dans un carré les côtés sont perpendiculaires, les côtés... attends! les côtés... qui se touchent, ça veut dire quoi?
00:23:02.000 - 00:23:11.880	E1: Ouais mais les côtés ça peut être ce côté et ce côté, et dans ce cas il sont pas... ils sont parallèles.
00:23:11.960 - 00:23:16.000	E2: Attends, si tu veux tu mets: on se place dans le... dans le...
00:23:15.920 - 00:23:16.640	E1: Dans une face?
00:23:16.720 - 00:23:21.440	E2: Non, dans le rectangle... EAZ...
00:23:25.680 - 00:23:42.040	E2: Attends, pourquoi tout à l'heure je parlais de [EF3]? Ah si, ben on se place pas dans celui du haut, on se place dans celui du bas... du côté.
00:23:47.880 - 00:23:55.040	E1: Alors comme dans un carré les côtés euuuuh...
00:23:55.640 - 00:23:57.640	E2: Mais si, c'est con!
00:23:57.840 - 00:24:07.560	E1: Les côtés ça peut être lui et lui, et dans ce cas là... Les côtés d'une face ça peut être lui, et lui, dans ce cas là oui c'est perpendiculaire, mais ça peut être lui et lui, et dans ce cas là ils sont parallèles!
00:24:07.560 - 00:24:08.240	E2: Les sécants, si tu veux...
00:24:08.360 - 00:24:17.440	E1: Les sécants c'est ce qui se coupent, c'est pas ça... Monsieur? Comment on dit "deux côtés", enfin "deux segments qui se touchent, mais qui ne se coupent pas"?
00:24:18.440 - 00:24:27.160	E1: ... qui se touchent à la suite, par exemple là ce segment et ce segment. On peut dire... c'est quoi le rapport?
00:24:29.680 - 00:24:31.760	Enseignant(e): De quel segment veux-tu parler?
00:24:32.600 - 00:24:34.320	E1: Celui-là et celui-là par exemple.
00:24:34.280 - 00:24:35.120	Enseignant(e): Vas-y, nomme-les.
00:24:35.280 - 00:24:39.360	E1: Bah là, E-D et E-Z, enfin je sais pas si vous voyez.
00:24:39.880 - 00:24:46.160	Enseignant(e): Oui, je vois, et qu'est ce que tu veux? tu veux dire qu'ils se coupent? Ils ont une extrémité commune, qu'est-ce que tu veux dire?
00:24:46.480 - 00:24:47.680	E1: Voilà voilà!
00:24:46.480 - 00:24:47.680	E2: Voilà, voilà!
00:24:48.400 - 00:24:54.520	E1: Non parce que, on veut dire que c'est celui-là, parce qu'on parle de deux côtés dans une face, mais...
00:24:54.720 - 00:24:56.400	Enseignant(e): On dit aussi "adjacents".

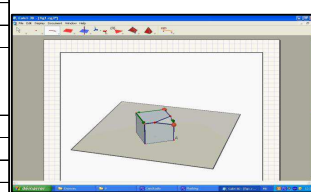
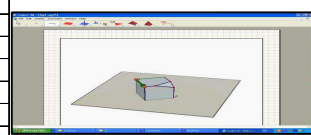
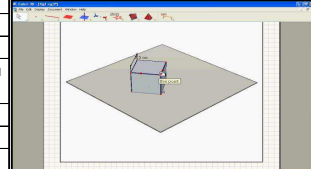
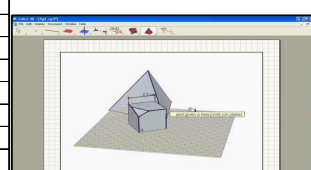
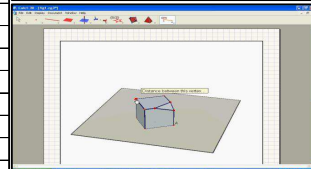
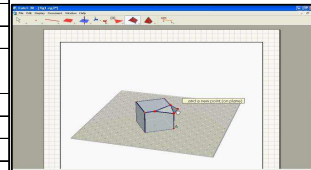


00:24:56.600 - 00:24:58.360	E1: Ah oui adjacents, c'est le mot, voilà! Merci!
00:25:05.880 - 00:25:35.760	E1: Alors, comme dans un carré les côtés adjacents... sont perpendiculaires... le prolongement du côté [EF1] est sécant! enfin...
00:25:38.440 - 00:25:41.600	E2: Est-ce qu'ils disent que c'est un cube?
00:25:42.240 - 00:25:46.520	E1: Non, là c'est un cube tronqué
00:25:50.040 - 00:25:52.520	E2: Oui mais c'est forcément un c...
00:25:52.760 - 00:25:57.200	E1: Comme dans un ca... dans un cube! C'est un cube, c'est pas un carré, c'est un cube!
00:25:57.760 - 00:26:02.760	E2: Ouais mais tu peux mettre "dans un carré", parce que là on parle que d'une surface.
00:26:02.720 - 00:26:03.560	E1: Ouais ouais, t'as raison.
00:26:03.960 - 00:26:06.080	Enseignant(e): Vouu vous en sortez?
00:26:06.520 - 00:26:15.160	E1: Ben on n'arrive... Enfin... Mais l'explication c'est...
00:26:22.080 - 00:26:29.040	E1: Donc, comme dans un carré les côtés adjacents sont perpendiculaires...
00:26:30.120 - 00:26:35.560	E2: ... le prolongement du côté [EF] sera alors adjacent...
00:26:35.680 - 00:26:47.920	E1: ou alors on dit simplement: si dans le cube, euuh... on nomme le cube. Si c'est un cube, alors [EF1] est adjacent à...
00:26:48.480 - 00:26:49.840	E2: C'est un cube tronqué!
00:26:49.960 - 00:26:59.520	E1: Oui mais on veut le transformer en cube! Ah, mais d'abord il faut le dire parce que...
00:26:59.720 - 00:27:09.000	E2: Là on explique une technique! Avec la phrase que tu viens de dire, on n'explique pas une technique, parce que là on dit qu'on prolonge le côté [EF1] et le côté...
00:27:11.360 - 00:27:27.080	E1: Bah les droites, on prolonge pas si ce sont des droites! La droite (EF1) est sécante à la droite (AZ) en... au sommet du... de la face EZ...
00:27:41.000 - 00:28:56.480	E2: Le prolongement du côté [EF] sera alors perpendiculaire au prolongement de la droite... du côté [AZ], qui seront alors sécants. Alors ces deux droites... alors ces deux prolongations, je sais pas comment on dit, ces deux... ces deux prolongements... Alors le point, je sais pas comment on dit, alors le point... Euh il faut juste en fait dire qu'il y a un point là, que...
00:31:27.120 - 00:32:10.040	E1: Dans un carré, les côtés opposés sont parallèles et les côtés adjacents sont perpendiculaires. Hors, dans la face...
00:32:16.680 - 00:32:42.400	E2: Non mais c'est bon là! Comme dans un carré les côtés adjacents sont perpendiculaires, alors ces prolongements seront...
00:33:25.520 - 00:33:31.800	Enseignant(e): réinitialise
00:35:42.880 - 00:35:46.160	E1: T'as trouvé une deuxième solution?
00:35:46.320 - 00:35:48.500	E2: Ouais, j'en ai une...
00:36:06.580 - 00:36:11.940	Actions E2: (ADE) Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:36:13.140 - 00:36:25.360	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:36:28.680 - 00:36:32.320	Actions E2: (ABG) Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:36:33.480 - 00:36:47.480	Actions E2: Vue de dessus: le point F3 est circonscrit par les plans, et semble bien placé Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:36:48.120 - 00:36:49.520	E2: Voilà!
00:36:51.760 - 00:36:55.560	E1: Ben t'as fait exactement pareil?
00:36:55.800 - 00:36:58.520	E2: oui mais c'est avec des plans!
00:36:59.400 - 00:37:04.000	E1: Mais le problème c'est que comment tu sais, alors comment on fait?
00:37:04.160 - 00:37:08.040	E2: Ah là ben après c'est tout bête! Tu vas te bouger, machin, là?
00:37:14.760 - 00:37:25.160	E1: Mais fais deux plans! Un plan parallèle au plan du bas... parallèle au plan du haut.
00:37:16.360 - 00:37:36.080	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:37:28.880 - 00:37:33.520	E1: Ben t'es même, t'es obligé de mettre juste deux plans...
00:37:34.680 - 00:37:40.960	E1: Non mais des plans, non justement, perpendiculaire aux deux plans que tu viens de faire.
00:37:41.640 - 00:37:44.560	E2: Ouais ouais, c'est ce que je voulais!
00:37:44.800 - 00:37:46.800	Actions E2: (EGH) Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:37:46.960 - 00:38:00.960	E1: Comme dans un carré les côtés adjacents sont perpendiculaires, la droites passant par les points E et F1, sera alors perpendiculaire à la droite passant par les points A et F3, créant ainsi un carré.
00:38:05.200 - 00:38:11.200	E1: Alors ces prolongements seront sécants...
00:38:14.440 - 00:38:17.600	E2: C'est pas terminé, là?

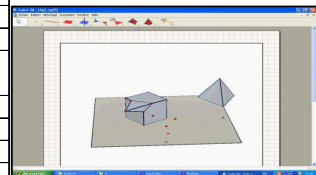
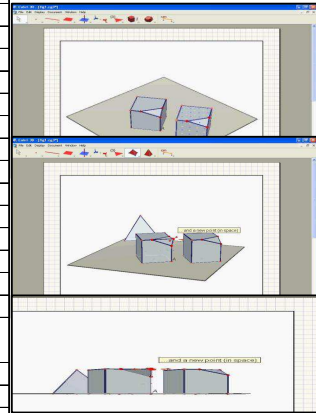


Reconstruction d'un sommet du cube: quatrième groupe

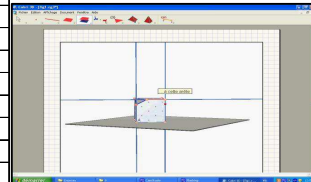
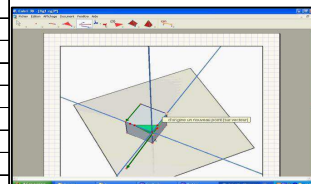
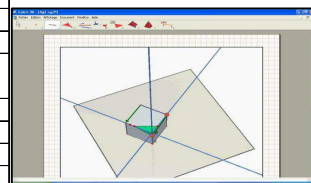
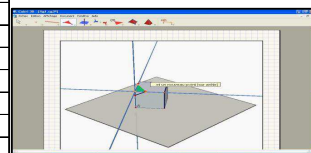
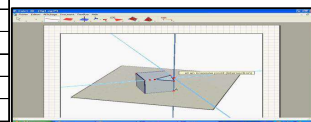
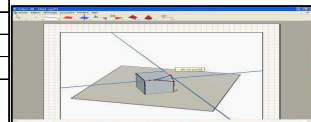
Temps	
00:03:00.100 - 00:03:02.060	E2: Attends, non non non!
00:03:00.880 - 00:03:11.620	Actions E1: Tente de reconstruire directement le tétraèdre Opérateurs E1: Tétraèdre
00:03:02.240 - 00:03:04.360	E1: Attends, mais qu'est ce qu'on s'en fiche?
00:03:04.440 - 00:03:06.900	E2: Attends, mais je veux juste essayer un truc. Attends, attends, avant!
00:03:07.420 - 00:03:08.540	E1: Tu fais quoi, là?
00:03:10.420 - 00:03:12.460	E2: Mais non, non, non!
00:03:12.460 - 00:03:12.960	E1: Ca marche plus avec ça.
00:03:13.040 - 00:03:21.280	E2: Moi je te propose un truc. Attends je te propose un truc. Je propose que t'ailles dans "centimètre", là.
00:03:21.400 - 00:03:22.020	E1: Super.
00:03:22.320 - 00:03:24.180	E2: Non non! Ensuite tu vas... clique sur ce point là.
00:03:24.260 - 00:03:24.880	E1: Avec centimètre?
00:03:24.900 - 00:03:29.860	E2: Ouais! Clique sur ce point là! Lui, là! Celui d'en haut, voilà!
00:03:28.800 - 00:03:37.300	Actions E1: EH Opérateurs E1: Distance: deux points
00:03:30.400 - 00:03:31.400	E2: Ensuite sur celui de tout en bas...
00:03:31.600 - 00:03:32.240	E1: Là, celui là? (C)
00:03:32.620 - 00:03:35.720	E2: Euh, non, celui là, sur celui là.
00:03:35.820 - 00:03:36.820	E1: celui là? (E)
00:03:37.060 - 00:03:42.400	E2: Ouais voilà! Et tu vas faire ça, la même chose en fait. Tu vois ce que je veux dire?
00:03:42.300 - 00:03:44.660	E1: et pourquoi? C'est un carré, ça va faire des cent...
00:03:44.640 - 00:03:45.880	E2: Faut trouver le point qui est là!
00:03:46.420 - 00:03:48.500	E2: Donc ensuite tu fais ça!
00:03:47.680 - 00:04:06.040	Actions E1: Distance entre G et un point ajusté: ne parvient pas à positionner le second point. Opérateurs E1: Distance: deux points
00:03:48.500 - 00:03:49.780	E1: Oui mais il faut trouver le moyen de reconstruire le sommet!
00:04:58.280 - 00:05:03.280	E2: Lâche, lâche...
00:05:10.640 - 00:05:14.840	E1: Alors comment tu peux reconstruire ce truc là?
00:05:17.640 - 00:05:22.080	E1: Non ça c'est bon ça donne la taille d'un côté, on peut le garder... Vas-y, vas!
00:05:22.480 - 00:05:24.280	E2: Attends, t'avais fait comment?
00:05:22.880 - 00:05:33.560	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:05:24.680 - 00:05:26.800	E1: Clic droit.
00:05:32.760 - 00:05:36.480	E2: Faut trouver un moyen de reconstruire ça...
00:05:38.040 - 00:05:40.480	E1: Y a pas un compas, là dedans?
00:05:40.440 - 00:05:58.160	Actions E2: Tente de reconstruire le sommet avec un tétraèdre régulier: échec. Opérateurs E2: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:05:41.480 - 00:05:42.800	E2: Si tu fais ça...
00:05:43.040 - 00:05:45.840	E1: Pourquoi tu veux absolument prendre un triangle?
00:05:46.000 - 00:05:47.720	E2: Parce que c'est un triangle!
00:05:47.680 - 00:05:52.640	E1: Mais on s'en fout, on n'a pas besoin de ce triangle là! Regarde, t'as vu ce que tu construis?
00:06:07.920 - 00:06:10.840	E1: Non mais regarde si il y a autre chose!
00:06:10.520 - 00:06:17.200	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:06:17.640 - 00:06:18.960	Actions E2: Déplace F3 Opérateurs E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:06:18.960 - 00:06:20.240	E1: Là, stop!
00:06:20.320 - 00:06:21.400	Actions E2: Le truc tout con, quoi.
00:06:21.480 - 00:06:22.600	E1: Ouais, voilà, lâche!
00:06:25.320 - 00:06:28.720	E1: Voilà la première méthode...
00:06:31.160 - 00:06:31.960	E2: Vas-y, note.
00:06:32.320 - 00:06:34.560	E1: Première méthode: on prend le point et on le déplace.
00:06:53.440 - 00:07:05.320	E1: Le point de la droite A... Monsieur, ce point là, c'est *le* point A, ou c'est le point là le point A rouge, là, ou c'est la droite A?
00:07:05.680 - 00:07:08.680	Enseignant(e): Qu'est ce que t'en penses? Logiquement?
00:07:09.000 - 00:07:10.800	E1: Ben, c'est souvent le point.
00:07:10.920 - 00:07:12.000	E2: Ah le A, là, c'est le point!
00:07:12.320 - 00:07:15.480	E1: Ah ouais, point.
00:07:41.960 - 00:07:45.160	E2: Faut trouver une 2e méthode...
00:07:55.920 - 00:08:01.320	E1: Rotation, translation, dilatation... non!
00:07:55.920 - 00:08:01.320	Actions E1: Parcourt les menus.
00:08:21.640 - 00:08:23.640	E1: et si...?
00:09:12.480 - 00:09:20.440	E1: Eh ben oui, vecteur! Si on prend un vecteur égaux, et qu'on le met là, et qu'on prend le vecteur égaux de lui, pffuit, ben c'est bon!
00:09:28.920 - 00:09:30.560	E2: Ben vas-y, fais!
00:09:30.720 - 00:09:38.880	E1: Bah non, mais tu vas dans le truc là... bah ok donne la souris alors.
00:09:49.160 - 00:10:14.080	Actions E1: Tente de construire le vecteur GF, mais ne parvient pas à placer le point F perceptivement Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:10:08.080 - 00:10:10.520	E2: Vas-y, tu peux étendre, hein!
00:10:11.000 - 00:10:13.080	E1: Ah je sais pourquoi, attends.
00:10:13.160 - 00:10:14.240	E2: Ah on dirait que tu galères!
00:10:14.600 - 00:10:18.440	Actions E1: GH Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:10:18.920 - 00:10:23.200	Actions E1: HE Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:10:25.280 - 00:10:33.160	E1: et là... tu fais pour ce point là! Mais comment tu fais pour que ça soit... que celui-là il soit là...
00:10:25.280 - 00:10:33.160	Actions E1: Tente de nouveau de construire GF Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:10:33.280 - 00:10:34.320	E2: Ben mets le dessus:!
00:10:34.640 - 00:10:36.040	E1: Quoi mets le dessus?
00:10:36.200 - 00:10:36.960	E2: T'as pas l'air très doué...
00:10:38.400 - 00:10:41.040	E2: Bah j'sais pas, tu le mets dessus, point!
00:10:41.040 - 00:10:44.960	E1: Ah mais quel clampin! Je te parle de faire le même vecteur que lui, là!
00:10:45.120 - 00:10:50.080	E2: Bah c'est ça! Celui-là, c'est celui là, qui est baissé pour l'instant!
00:10:50.160 - 00:11:01.880	E1: Mais on n'est pas obligés, on sait pas qu'il est baissé! On sait juste que c'est un comme ça, on sait pas qu'il est baissé, c'est comme si c'était un nouveau point! Nous on cherche un point, ça veut dire qu'on cherche un point là!
00:11:03.080 - 00:11:06.400	E2: Ben fais-le, ça coûte rien, au pire je remets la figure! [à l'état initial]
00:11:06.400 - 00:11:07.240	Actions E1: GF3 Opérateurs E1: Vecteur: par deux points
00:12:25.320 - 00:12:26.840	Généralités: réinitialisent
00:12:32.320 - 00:12:36.720	E1: Moi je suis sûr que c'était une bonne idée les vecteurs!

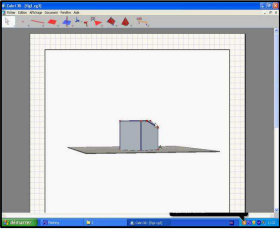
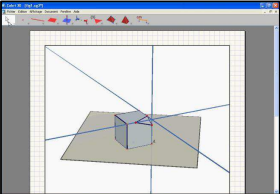
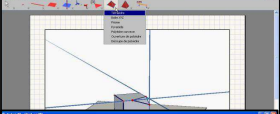
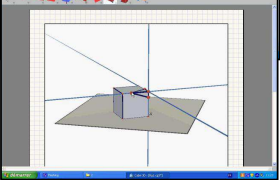
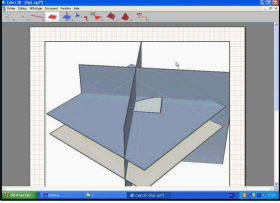


00:12:45.160 - 00:13:05.240	Actions E2: Explore les réactions avec l'outil "tétraèdre", et tente d'en construire un s'appuyant sur EDCH. Opérateurs E2: Prisme
00:12:50.440 - 00:13:02.920	E1: Non! L! Je viens d'avoir une idée de génie! Non, là, là! Vas-y, clique! Et... Ah, non, j'ai rien dit.
00:13:08.640 - 00:13:12.000	E2: Ah, peut-être que...
00:13:09.000 - 00:13:28.120	Actions E2: Nouvel essai, infructueux. Opérateurs E2: Prisme
00:13:39.040 - 00:13:52.840	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:13:54.760 - 00:13:59.240	E1: Eh mais attends! Non, retourne comme tout à l'heure!
00:13:59.440 - 00:14:06.040	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:14:06.040 - 00:14:12.680	E1: Voilà, clic droit! Copie. Retourne. Coller.
00:14:08.120 - 00:14:26.800	Actions E2: Copie-colle le cube tronqué, qu'il peut "poser" à l'endroit désigné par le pointeur.
00:14:29.280 - 00:14:32.800	E2: On a deux cubes, maintenant...
00:15:17.280 - 00:15:18.460	E2: On va essayer avec ça, maintenant.
00:15:18.520 - 00:15:26.220	Actions E2: Essaie de construire un tétraèdre Opérateurs E2: Tétraèdre
00:15:37.120 - 00:15:39.600	E2: regarde, regarde!
00:15:40.320 - 00:15:41.640	E1: Quoi?
00:15:42.200 - 00:15:45.800	E2: Ca a marché, regarde.
00:15:47.760 - 00:15:51.920	E1: T'as fait quoi? Tu sais ce que t'as fait, au moins?
00:15:52.400 - 00:15:55.760	E2: Pas trop, mais... Ah si, j'utilise ça...
00:16:02.640 - 00:16:04.520	E2: C'est bon, là?
00:16:04.560 - 00:16:05.040	E1: Ouais.
00:16:06.160 - 00:16:09.960	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:16:06.480 - 00:16:09.440	E2: De toute façon on ne voit rien...
00:16:10.400 - 00:16:12.680	E1: non en fait...
00:16:13.840 - 00:16:21.680	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:16:15.680 - 00:16:21.560	E1: Fais plutôt vue d'en haut! Tourne un peu à droite, encore à droite... Encore. Top! Là on est allé trop loin!
00:16:23.000 - 00:16:24.440	E2: il est bon, hein, notre...
00:16:29.560 - 00:16:33.440	E1: Monte en haut.
00:16:38.160 - 00:16:39.920	E2: Ah c'est bon, là!
00:16:38.160 - 00:16:39.920	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:16:40.120 - 00:16:40.760	E1: T'as rien bougé!
00:16:41.000 - 00:16:42.400	E2: Ben si je l'ai bougé, regarde!
00:16:43.400 - 00:16:45.120	E1: Décale!
00:16:50.640 - 00:16:54.040	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:16:54.000 - 00:16:55.680	E1: Ouais, là ça va...
00:16:56.520 - 00:17:01.000	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:17:11.680 - 00:17:15.320	Actions E2: Supprime le second prisme
00:18:19.580 - 00:18:32.700	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:18:33.800 - 00:18:37.640	Actions E2: Déplace le sommet Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:18:36.500 - 00:18:37.640	E2: Là c'est bon?
00:18:38.840 - 00:18:40.040	E1: Ouais, là c'est bon.
00:18:40.060 - 00:18:42.840	Actions E2: Le point est en fait très mal placé Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:18:42.640 - 00:18:46.720	E1: Ouah!
00:18:49.160 - 00:18:57.000	Généralités: se disputent la souris
00:18:56.220 - 00:19:02.800	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:19:00.080 - 00:19:02.320	E1: C'est nul ce bordel!
00:19:04.400 - 00:19:24.780	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:19:06.680 - 00:19:10.120	E1: Y a pas un bouton reset, là dessus?
00:19:25.080 - 00:19:32.940	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:19:33.060 - 00:19:34.080	E1: Rires.
00:19:34.820 - 00:19:39.360	E2: Eh mais c'est complètement nul! Il veut pas se mettre...
00:19:34.820 - 00:19:39.360	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:19:39.640 - 00:19:46.180	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:19:44.320 - 00:19:50.120	E1: Non non, il faut juste le décaler, là!
00:19:46.600 - 00:20:14.960	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:19:51.920 - 00:19:56.200	E1: non, tu l'as bougé! Non, c'est mort, c'est mort!
00:20:01.240 - 00:20:09.240	E1: non, mais si, c'était bien comme ça! Non, descends encore un peu! Remonte!
00:20:09.360 - 00:20:12.640	E2: Ouais, là il est bien, là il est pas mal... Maintenant, un tout petit peu vers là...
00:20:13.040 - 00:20:15.120	E1: Là ça devrait être pas mal.
00:20:15.440 - 00:20:38.120	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:20:28.080 - 00:20:30.800	E2: Oh là il est beau, là!
00:20:34.720 - 00:20:38.120	E1: [ironique] ah ouais il est beau!
00:20:43.720 - 00:20:53.960	E2: [à un autre groupe] Eh vous avez réussi? Ouais, nous aussi on en cherche une deuxième, mais elle nous saoule celle là!
00:21:27.240 - 00:21:35.200	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:21:35.720 - 00:21:38.360	E2: Mais regarde ce que ça m'a fait!
00:21:35.720 - 00:21:59.880	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:21:57.160 - 00:22:01.040	E2: Il paraît bien, et dès qu'il change de côté il ressemble à rien...
00:22:00.880 - 00:22:09.320	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:22:09.880 - 00:22:21.560	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:22:12.560 - 00:22:14.880	E2: Allez! Ca se rapproche!
00:22:14.880 - 00:22:17.240	E1: Ben tout à l'heure on était mieux!
00:22:18.000 - 00:22:20.080	E1: Non, il est trop bas!
00:22:20.200 - 00:22:23.000	E2: Ouais mais attends, je vais déplacer le point...
00:22:21.880 - 00:22:26.520	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:22:26.880 - 00:22:33.560	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:22:27.080 - 00:22:29.680	E1: Après laisse-moi essayer!
00:22:29.720 - 00:22:32.240	E2: Eh il est pas mal, là! Ah non...
00:22:32.440 - 00:22:34.080	E1: Laisse-moi essayer!
00:22:34.080 - 00:22:34.720	E2: Attends!
00:22:34.760 - 00:22:37.520	E1: Non mais laisse moi essayer!
00:22:41.080 - 00:22:58.480	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:22:58.680 - 00:23:07.600	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:23:01.760 - 00:23:07.400	E2: regarde ça... Regarde, c'est bon, j'ai réussi!
00:23:09.200 - 00:23:19.400	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:23:19.840 - 00:23:31.280	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue

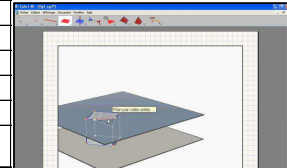
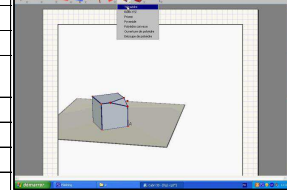
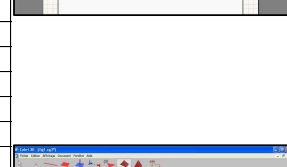
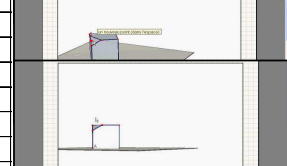
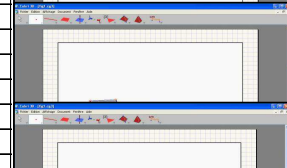
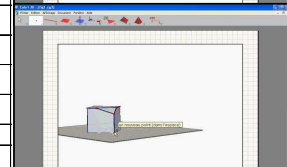
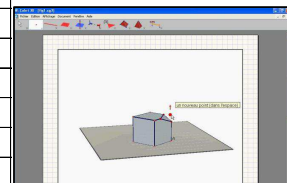


00:23:25.760 - 00:23:29.440	E2: Ah, j'ai compris, d'accord...
00:23:38.280 - 00:23:46.520	E1: Oh non! Non remonte. Oui, oui, oui, non! Non il était mal mis!
00:23:38.280 - 00:23:46.520	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:23:47.160 - 00:24:05.880	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:24:07.240 - 00:24:15.440	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:24:34.280 - 00:24:35.880	E1: Reset!
00:24:38.680 - 00:24:43.360	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:24:45.080 - 00:24:46.400	E1: tu sais que t'as tort?
00:24:46.560 - 00:24:47.160	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:24:48.240 - 00:24:51.080	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:24:51.760 - 00:24:52.920	E2: regarde! Il est quasiment bon!
00:24:54.480 - 00:24:57.920	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:24:58.240 - 00:25:06.200	E1: Là c'était bien! Non, il est trop bas...
00:25:01.200 - 00:25:04.040	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:25:09.480 - 00:25:24.160	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:25:24.960 - 00:25:27.800	Opérateurs E2: Manipulation: déplacement
00:25:28.280 - 00:25:31.120	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:26:22.840 - 00:26:25.920	E1: Il va trouver une autre solution.
00:27:23.440 - 00:27:25.000	E1: Non laisse moi faire!
00:27:25.280 - 00:27:29.400	E2: Mais c'est nul! On va faire comme eux! Regarde leur solution!
00:27:51.560 - 00:27:54.520	E2: Eh j'ai vu leur résolution, regarde...
00:27:55.520 - 00:27:58.160	Généralités: Réinitialise
00:28:07.680 - 00:28:10.960	Actions E2: (EF1) Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:28:11.400 - 00:28:15.520	Actions E2: (GF2) Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:28:17.120 - 00:28:22.040	Actions E2: Droite par A et par l'intersection des deux droites précédentes. Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:28:27.280 - 00:28:28.520	E2: Et voilà!
00:28:28.560 - 00:28:29.240	E1: Ben il est là le point!
00:28:29.360 - 00:28:30.240	E2: Bah ouais, t'as vu ça?
00:28:36.120 - 00:28:42.600	Actions E2: Tente de finir la construction avec "triangle équilatéral"
00:28:55.120 - 00:28:58.920	Actions E2: F1F2F Opérateurs E2: Triangle: par trois points
00:28:59.760 - 00:29:03.560	Actions E2: F1F3F Opérateurs E2: Triangle: par trois points
00:29:04.120 - 00:29:13.840	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:29:16.800 - 00:29:20.600	Actions E2: F3F2F Opérateurs E2: Triangle: par trois points
00:29:18.160 - 00:29:19.880	E2: J'ai trouvé une de ces solutions!
00:29:20.920 - 00:29:22.320	E1: Eh tu sais quoi, on n'a pas l'air cons!
00:29:49.400 - 00:29:52.280	Enseignant(e): Il faut que vous m'en trouviez autant que possible, hein!
00:29:52.680 - 00:29:54.120	E1: On en est à une!
00:29:54.480 - 00:29:55.840	E2: Ca compte de déplacer un point?
00:29:56.520 - 00:29:57.880	E1: Ben voilà, si ça marche!
00:29:58.160 - 00:30:00.600	Enseignant(e): Moi tant que ça marche, ça me va!
00:30:00.880 - 00:30:02.400	E2: Et si on déplace un deuxième point...
00:30:02.640 - 00:30:05.400	Enseignant(e): Oui, non mais trois fois la même technique c'est...
00:30:09.080 - 00:30:12.560	E2: Bon, pour expliquer ça, je mets quoi?
00:30:20.040 - 00:30:23.080	E2: Je vais faire la même chose avec les vecteurs, mais ça revient au même!
00:30:36.280 - 00:30:44.840	Actions E2: Parcourt les menus.
00:30:43.560 - 00:30:50.360	E2: Ahh attends, somme des vecteurs, tiens tiens! Si tu fais ça...
00:30:54.920 - 00:30:58.480	E2: Alors, vecteur...
00:30:56.440 - 00:30:59.720	Actions E2: HE Opérateurs E2: Vecteur: par deux points
00:30:58.960 - 00:31:00.400	E1: Ah oui, ça me semble bien!
00:31:00.800 - 00:31:04.200	Actions E2: vecteur de G à F3, près de F (resté construit par intersection) Opérateurs E2: Vecteur: par deux points
00:31:05.720 - 00:31:10.000	E2: Et là tu fais ça...
00:31:06.280 - 00:31:12.040	Actions E2: somme des deux vecteurs appliquée en G Opérateurs E2: Somme de deux vecteurs
00:31:12.960 - 00:31:23.960	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:31:24.520 - 00:31:26.840	E2: Et là?
00:31:39.560 - 00:31:44.760	E2: Non, ça le fait pas.
00:31:53.560 - 00:32:01.040	E2: Bon, peut être autre chose, attends.
00:31:54.480 - 00:32:03.600	Actions E2: Parcourt les menus
00:33:34.680 - 00:33:46.800	Actions E2: Parallèle à [BG] par B Opérateurs E2: Parallèle: à droite, par point
00:33:47.360 - 00:33:52.480	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:33:53.560 - 00:33:56.400	E2: Ah, d'accord!
00:33:56.720 - 00:34:01.400	Actions E2: Parallèle à [AF3] par A Opérateurs E2: Parallèle: à droite, par point
00:34:06.320 - 00:34:13.720	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:34:14.880 - 00:34:19.080	E2: Oh là là... Et au final, ça va encore faire la même chose...
00:34:23.680 - 00:34:25.960	E1: Mais non, ce serait mieux une perpendiculaire, là, non?
00:34:26.200 - 00:34:30.440	E2: Parallèle à... Tinin!
00:34:26.200 - 00:34:30.440	Actions E2: parallèle à [GF2] par G Opérateurs E2: Parallèle: à droite, par point
00:34:30.520 - 00:34:31.880	E1: Mais t'as fait la même que tout à l'heure?
00:34:31.120 - 00:34:40.160	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:34:32.000 - 00:34:33.080	E2: Ouais mais, mais... mais avec des parallèles!
00:34:33.280 - 00:34:35.040	E1: Sale tricheur!
00:34:36.880 - 00:34:38.000	E2: [rires] C'est pas avec les mêmes droites!
00:34:40.440 - 00:34:43.400	E2: Bah trouve une idée, t'es marrant!
00:34:43.320 - 00:34:44.800	E1: Non, c'est une bonne idée!
00:34:45.440 - 00:34:46.360	E2: Non c'est la même!
00:34:46.600 - 00:34:47.760	E1: Ben c'est une bonne idée, je viens de dire!
00:34:47.840 - 00:34:49.760	E2: C'est la même avec des parallèles!
00:34:50.000 - 00:34:52.560	E1: Oui mais tout à l'heure j'ai pas fait des parallèles, donc ça peut compter!
00:34:52.840 - 00:34:57.800	E2: Ouais mais ça peut être... C'est droite parallèle...
00:35:06.240 - 00:35:08.320	E2: Vas-y, ben cherche une solution, toi aussi!
00:35:25.760 - 00:35:35.400	Actions E1: Tente de superposer un cube, avec l'outil
00:35:31.280 - 00:35:32.920	E1: Y a pas un truc qui rentre dedans?
00:35:33.400 - 00:35:34.040	Enseignant(e): Vous, ça fonctionne?
00:35:34.760 - 00:35:35.920	E1: Ouais!
00:35:36.120 - 00:35:37.560	Enseignant(e): Vous avez fait quoi, jusqu'à présent?
00:35:38.120 - 00:35:42.280	E2: On a fait le point, avec des droites.

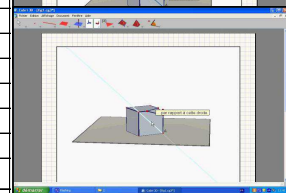
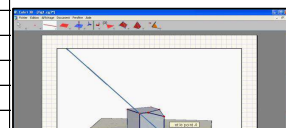
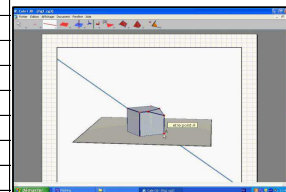


Temps	Reconstruction d'un sommet du cube: cinquième groupe	
00:02:40.430 - 00:02:42.340	E1: Regarde, alors comment à ton avis on pourrait faire ça?	
00:02:50.800 - 00:02:55.000	E1: Alors attends, tu vois là, on pourrait mettre un espèce de triangle.	
00:02:50.800 - 00:02:55.000	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:02:58.120 - 00:03:04.290	E1: Mais écoutez moi! Là on pourrait mettre un triangle! Un triangle rectangle.	
00:02:58.120 - 00:03:04.290	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:03:05.110 - 00:03:17.830	E1: En fait si on coupe, ça fait bien un triangle! Donc si c'est un triangle, comme ça, un espèce de pyramide, voilà! Regarde une pyramide c'est là, il y en a là [dans le menu] une pyramide.	
00:03:11.900 - 00:03:16.760	Actions E2: Crée une droite sur une arête tronquée Outils E2: Droite: support de segment	
00:03:19.420 - 00:03:20.490	E1: Mais dis moi ce que tu fais, aussi.	
00:03:20.520 - 00:03:22.970	E2: Tu vois bien ce que je fais.	
00:03:22.820 - 00:03:25.100	E1: Oui, tu mets une droite, mais explique nous ce que tu veux faire.	
00:03:23.070 - 00:03:25.140	Outils E2: Droite: support de segment	
00:03:27.690 - 00:03:29.000	Outils E2: Droite: support de segment	
00:03:28.730 - 00:03:29.750	E1: Ouais, et ensuite?	
00:03:30.140 - 00:03:33.780	E2: Et ensuite, mais tu me prends pour un bête, là! Tu vois pas que le cube est fini?	
00:03:30.140 - 00:03:33.780	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue	
00:03:33.440 - 00:03:37.210	E1: Aaaaaah, t'es trop fort! Mais sauf qu'il faut que tu remplisses maintenant!	
00:03:39.670 - 00:03:43.310	E2: Monsieur? Il faut le remplir le cube, ou juste le reconstruire?	
00:03:43.370 - 00:03:44.890	Enseignant(e): Ca doit être marqué.	
00:03:45.310 - 00:03:47.360	E3: Il faut juste... Il faut que tu remplisses.	
00:03:48.590 - 00:03:51.140	E3: Il faut que le carré, tu finisses.	
00:04:01.100 - 00:04:05.760	E2: Bah il n'est pas reconstruit! Je fais un triangle après!	
00:04:06.130 - 00:04:10.660	E1: Comment faire? Eh ben tu mets ce machin là dedans!	
00:04:11.880 - 00:04:14.360	E2: Non, tétraèdre! [nom proposé par le menu]	
00:04:14.600 - 00:04:27.560	Actions E1: Reconstruit le tétraèdre manquant à partir des points créés. Outils E1: Tétraèdre	
00:04:35.080 - 00:04:40.500	E1: Et du coup! Attends je veux juste regarder si c'est bon!	
00:04:35.080 - 00:04:40.500	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:04:43.040 - 00:04:48.660	E1: Bon, faut qu'on décrive! Alors dis moi comment t'as fait, t'as mis des, des... alors...	
00:04:51.140 - 00:04:58.020	E1: Méthode 1: on construit des droites passant par les arêtes!?	
00:04:58.220 - 00:05:00.280	E2: Ouais, les arêtes des sommets manquants.	
00:05:01.440 - 00:05:05.560	E1: Ca dépend quelles arêtes... Mais les arêtes du cube...	
00:05:05.800 - 00:05:07.780	E2: Bah celle là, celle là et celle là.	
00:05:06.800 - 00:05:57.500	E1: Ouais, touchant le cube... Alors. On commence par construire des droites sur les arêtes du cube touchant le sommet manquant.	
00:06:05.920 - 00:06:14.780	E1: Ensuite on trouve un point où s'arrête la pyramide. Tu m'écoutes?	
00:06:18.680 - 00:06:20.040	E1: Après je dis quoi?	
00:06:21.680 - 00:06:27.640	E2: Ensuite tu crées un tétraèdre à l'intérieur...	
00:06:27.740 - 00:06:34.100	E1: Oui, mais il faut dire que le point d'intersection de ces trois droites sera le sommet du tétraèdre.	
00:06:35.900 - 00:06:40.940	Généralités: Usage de "sommets" dans plusieurs sens.	
00:07:13.500 - 00:07:26.020	E1: Pour combler le vide on crée un tétraèdre.	
00:07:52.860 - 00:07:57.760	E2: Attention! Il y a un problème dans ce que tu dis!	
00:07:57.760 - 00:07:58.980	E1: Alors vas-y?	
00:07:59.020 - 00:08:03.300	E2: Non non mais c'est pas ça, mais "le sommet a pour sommet le sommet"... Il y a trois sommets!	
00:08:03.180 - 00:08:04.740	E1: Oui...	
00:09:03.949 - 00:09:05.569	E1: Une autre méthode... Ah ben on fait avec des points, peut être.	
00:09:05.449 - 00:09:06.169	E2: Des plans...	
00:09:06.359 - 00:09:06.999	E1: tu peux essayer?	
00:09:07.719 - 00:09:08.829	E1: Des plans?	
00:09:08.249 - 00:09:09.229	E2: Ben j'aurais dit des plans, moi.	
00:09:13.549 - 00:09:15.169	E2: Tu mets un plan sur cette face.	
00:09:19.350 - 00:09:20.800	Outils E1: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:09:20.649 - 00:09:25.439	E2: Ouais, voilà c'est bon, clique une fois. Ensuite tu tournes.	
00:09:23.119 - 00:09:28.669	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:09:29.109 - 00:09:30.959	E2: tu fais un plan au dessus.	
00:09:32.180 - 00:09:35.560	E3: Ah ouais! Et après tu vas faire un plan sur ce côté là!	
00:09:37.350 - 00:09:39.920	E1: Ouais, exactement!	
00:09:37.350 - 00:09:39.920	Outils E1: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:09:42.730 - 00:09:48.010	E3: Pas bête... Et comme ça après t'as plus qu'à remplir le truc!	
00:09:58.890 - 00:10:02.350	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:10:10.400 - 00:10:13.170	Outils E1: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:10:15.930 - 00:10:18.280	E1: Et après, on coupe?	
00:10:15.930 - 00:10:30.670	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:10:30.850 - 00:10:35.830	E1: Eh ben ça y est on l'a rempli! Et après il faudrait découper le plan.	
00:10:46.590 - 00:10:47.900	E1: Ben c'est bon là, on l'a rempli le truc!	
00:10:49.310 - 00:10:53.600	E1: Monsieur, est-ce qu'on peut couper les plans?	
00:10:53.885 - 00:11:00.005	E2: On a fait avec les plans, mais... on crée le polyèdre dedans? Le tétraèdre dedans, je veux dire?	
00:11:00.465 - 00:11:04.885	Enseignant(e): Qu'est ce que vous voulez faire? Ah, juste couper le cube?	
00:11:08.570 - 00:11:28.330	Généralités: [discussion sur le besoin de reconstruire exactement la forme -> contrat]	
00:11:30.915 - 00:11:34.965	E1: Ben voilà, le sommet du cube est reconstruit, parce que ça fait des faces en plus, donc c'est reconstruit.	

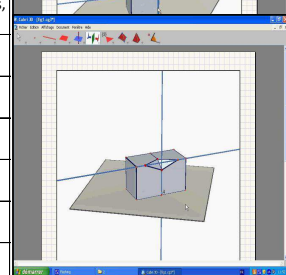
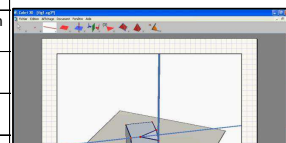
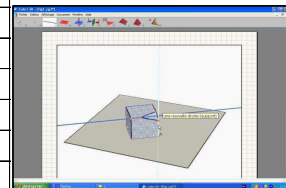
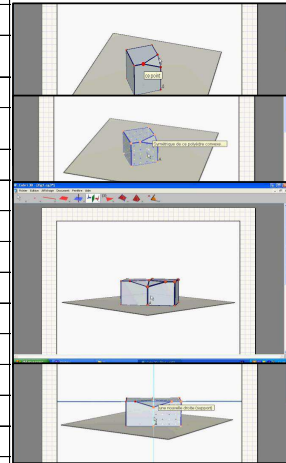
00:11:44.240 - 00:11:55.760	E1: Méthode 2: on construit des plans sur les trois faces jointes au sommet manquant.
00:13:19.990 - 00:13:24.840	E1: Alors là on pourrait peut être essayer avec un point, juste un point ici, au bon endroit!
00:13:24.960 - 00:13:25.930	E2: Ben tu fais au hasard à ce moment là!
00:13:26.010 - 00:13:26.350	E1: non!
00:13:26.440 - 00:13:27.220	E2: Ben bien sûr que si!
00:13:27.320 - 00:13:27.610	E1: Ben non!
00:13:27.750 - 00:13:30.490	E1: Enfin ouii! Enfin tu le fais...
00:13:29.710 - 00:13:31.280	E2: Oui je sais! Mais c'est une bonne technique, hein!
00:13:34.040 - 00:13:34.900	E1: bon, on regarde pas le truc des autres.
00:13:35.960 - 00:13:40.710	E1: Regarde, il suffit que tu rajoutes un point... Tu le rajoutes... là!
00:13:35.960 - 00:13:40.710	Actions E1: Part du point A, et déplace le curseur verticalement en suivant l'arête. Outils E1: Point: créer dans l'espace
00:13:40.410 - 00:13:41.460	E2: Mais tu peux pas le rajouter!
00:13:41.479 - 00:13:43.689	E1: Comment c'était? Ca?
00:13:41.479 - 00:13:43.689	Actions E1: Contraint le déplacement du curseur sur la verticale Outils E1: Point: positionnement vertical
00:13:43.790 - 00:13:45.490	E2: Ouais mais là tu l'as mis sur le...
00:13:44.450 - 00:13:46.240	E3: Là tu l'as mis sur... tu l'as même pas mis sur le point.
00:13:46.800 - 00:13:47.700	E1: Attends.
00:13:46.950 - 00:13:49.720	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:50.700 - 00:13:53.240	E1: Regardé: là il est au bon endroit.
00:13:51.270 - 00:13:56.200	Actions E1: Remonte "le long" de l'arête tronquée Outils E1: Point: créer dans l'espace
00:13:53.710 - 00:13:55.500	E2: Dans l'espace, là t'es dans l'espace. [message contextuel]
00:13:55.390 - 00:13:57.180	E1: Ah non là je suis pas au bon endroit.
00:13:57.740 - 00:13:59.450	E3: Qu'est ce que t'essaies de faire?
00:13:59.450 - 00:14:00.640	E2: Fais "echap" et refais-le bien.
00:14:00.520 - 00:14:03.560	E1: Non non non! Voilà, là, tu vois, il est au bon endroit.
00:14:02.500 - 00:14:08.960	Actions E1: Cherche à créer un point en déplaçant la souris à la verticale de l'arête. Outils E1: Point:
00:14:03.660 - 00:14:05.240	E2: Tu laisses sur ce point là!
00:14:05.230 - 00:14:06.910	E1: Là il est sur ce point là, ok?
00:14:06.910 - 00:14:07.540	E2: Voilà, fais...
00:14:07.500 - 00:14:09.660	E1: Je monte. Là il est ok.
00:14:09.860 - 00:14:11.350	E3: Comment tu sais?
00:14:10.650 - 00:14:26.270	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:11.190 - 00:14:12.480	E1: Ben ça se voit.
00:14:12.530 - 00:14:14.540	E3: Ca se voit, ça veut dire que...
00:14:13.870 - 00:14:15.860	E1: Ben regarde là, c'est aligné quand tu regardes!
00:14:15.330 - 00:14:15.740	E2: non!
00:14:15.860 - 00:14:16.820	E3: Ben, je ne crois pas!
00:14:16.730 - 00:14:17.360	E1: si!
00:14:17.350 - 00:14:18.560	E3: Celui-là il est plus bas que lui!
00:14:18.840 - 00:14:19.170	E1: Non.
00:14:19.410 - 00:14:19.970	E3: Si si!
00:14:20.390 - 00:14:22.520	E1: C'est exactement pareil!
00:14:23.390 - 00:14:25.880	E2: [moqueur] Ah c'est sûr, là, c'est obligé.
00:14:25.900 - 00:14:28.650	E1: Regarde, regarde. Ok? Ensuite on fait un té...
00:14:28.850 - 00:14:30.840	E3: Attends, tu veux savoir? Tu veux savoir?
00:14:30.559 - 00:14:32.789	E1: Attends attends, laisse moi! Laisse moi juste essayer, d'accord?
00:14:31.026 - 00:14:39.268	Outils E1: Tétraèdre
00:14:32.319 - 00:14:33.189	E3: Je fais les longueurs!
00:14:34.185 - 00:14:43.220	E1: Peu importe! Ok, mais chacun... Voilà, tétraèdre par ce point, par ce point... J'essaie, ok? par ce point Hop! C'est bon là!
00:14:42.115 - 00:14:49.292	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:42.297 - 00:14:44.546	E2: Ah elle nous a bien eu.
00:14:44.195 - 00:14:49.292	E1: Oui je vous ai eu. Regarde, c'est bon, là!
00:14:50.384 - 00:14:57.144	E1: Voilà! C'est une méthode ça! Elle n'est peut-être pas très précise, mais on arrive quand même à construire!
00:14:58.924 - 00:15:00.705	E1: Donc, comment on peut dire ça? On construit un point
00:14:59.691 - 00:15:02.005	Actions E2: Cherche à vérifier par construction des plans. Outils E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:15:01.524 - 00:15:02.655	E3: Passant par...
00:15:03.396 - 00:15:04.735	E1: Bah il passe par rien en fait.
00:15:05.008 - 00:15:06.139	E2: Non! non!
00:15:06.191 - 00:15:07.322	E1: T'as fait quoi?
00:15:06.594 - 00:15:08.336	E2: T'as pas eu le point! T'as pas eu le point!
00:15:08.063 - 00:15:10.949	E1: Pourquoi? Pourquoi? Si, là, c'est bon!
00:15:11.066 - 00:15:12.145	E2: non.
00:15:12.275 - 00:15:12.717	E1: Pourquoi?
00:15:12.639 - 00:15:13.523	E2: Parce que tu vois bien que ça passe pas par les mêmes plans. [on ne voit pas le tétraèdre créé par E1]
00:15:14.043 - 00:15:17.579	E1: Oh... Mais si, c'est juste parce qu'il est de la même couleur!
00:15:26.796 - 00:15:29.136	E2: Comment on fait pour revenir en arrière?



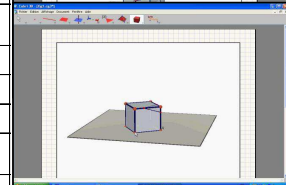
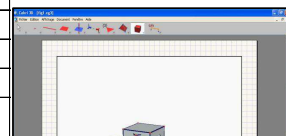
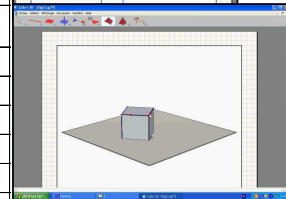
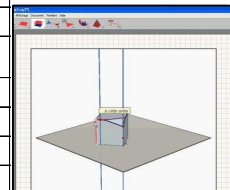
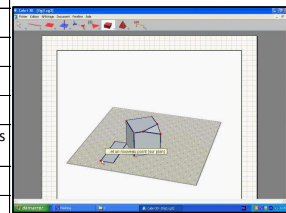
00:15:31.463 - 00:15:32.672	Outils E2: Annule
00:15:35.116 - 00:15:43.137	E1: Monsieur? Vous êtes d'accord que là c'est bon, là, je l'ai reconstruit!
00:15:43.202 - 00:15:43.969	Généralités: Fermeture du logiciel
00:15:44.138 - 00:15:48.207	E1: Mais qu'est-ce que tu fais? Oh t'as tout fermé!
00:15:51.938 - 00:15:55.370	E1: Oh mais t'es nul, je l'avais bien construit!
00:15:55.981 - 00:15:56.891	E2: Mais il n'était pas droit, en plus!
00:15:57.099 - 00:15:58.464	E1: Mais si il était droit!
00:15:58.659 - 00:16:00.362	E2: Il n'était pas droit!
00:15:59.946 - 00:16:00.596	E1: Mais si!
00:16:05.393 - 00:16:06.732	E1: Si il était droit.
00:16:06.953 - 00:16:07.642	E2: Non.
00:16:07.980 - 00:16:10.060	E1: Bah je marque quand même ma méthode.
00:16:10.814 - 00:16:11.958	E2: Il n'était pas droit!
00:16:11.542 - 00:16:12.465	E1: Je m'en fiche!
00:16:12.673 - 00:16:14.649	E2: En plus tu l'as fait au hasard!
00:16:14.792 - 00:16:16.183	E1: Oui je l'ai fait au hasard.
00:16:16.222 - 00:16:18.627	E2: Ben tu marques "je l'ai placé au hasard". "On place un point au hasard".
00:16:18.549 - 00:16:23.281	E1: Au hasard... Oui mais c'est quand même une méthode! Après est-ce qu'elle marche? Elle marche à peu près!
00:16:23.268 - 00:16:24.412	E2: Ben... Faut mettre une méthode qui marche!
00:16:24.399 - 00:16:27.649	E1: Ben moi j'ai trouvé qu'elle marchait! [rises] "on met un point au hasard"
00:18:12.377 - 00:18:26.781	E1: J'ai marqué: "on construit un point au hasard à l'endroit supposé du sommet, puis on construit un tétraèdre avec ce point plus les trois points présents sur les arêtes du sommet".
00:19:02.865 - 00:19:04.334	Généralités: Recherche d'une nouvelle méthode.
00:20:11.366 - 00:20:16.748	E1: Avec un angle! Regarde, tu fais genre "chtung, chtung, chtung"
00:20:22.442 - 00:20:26.030	E1: Non, je ne sais pas ce que je fais, là. bon alors, Quentin t'as pas une idée?
00:20:47.454 - 00:20:50.548	E3: Essaie de faire un symétrique.
00:20:50.582 - 00:20:55.236	E1: Et comment? ah oui, symétrique de ce point, par rapport à cet axe!
00:20:55.496 - 00:20:59.760	E3: Non! Tu fais ça, le même en symétrique, ça va te donner ça, ça. Tu le remplis.
00:20:58.720 - 00:21:02.893	E1: Tu prends la symétrique de ce point, à cet axe, comme ça tu le trouves là. Avoue!
00:21:04.219 - 00:21:05.454	E2: Oui, mais c'était...
00:21:05.428 - 00:21:06.884	E1: C'est symétrie axiale.
00:21:07.365 - 00:21:08.366	E2: D'accord.
00:21:08.873 - 00:21:10.498	E1: T'as pas cliqué sur symétrie axiale.
00:21:10.732 - 00:21:12.552	E2: J'ai cliqué sur rien du tout.
00:21:12.357 - 00:21:14.749	E1: Symétrie axiale, voilà.
00:21:16.439 - 00:21:19.338	E1: Tu fais... Je peux le faire?
00:21:17.204 - 00:21:20.724	Actions E2: Trace la grande diagonale passant par le sommet A Outils E2: Droite: par deux points
00:21:20.134 - 00:21:23.484	E1: Non! Mais non t'as rien compris, mais non c'est pas ceux là!
00:21:24.234 - 00:21:25.234	E1: C'est CE point.
00:21:25.544 - 00:21:29.474	E1: On va faire juste sur ce plan là. Je peux essayer? Je peux le faire?
00:21:34.560 - 00:21:35.890	Outils E2: Annule
00:21:34.564 - 00:21:35.894	E2: Edition, annuler.
00:21:36.170 - 00:21:38.840	E1: Mais non! On n'a pas eu la même idée! Bon de toute façon on travaille en...
00:21:39.770 - 00:21:41.060	E2: si c'était la même chose...
00:21:42.560 - 00:21:48.130	E1: Oooh... Tu ne sais que te plaindre...
00:21:42.560 - 00:21:48.130	Actions E1: Trace la diagonale d'une face tronquée Outils E1: Droite: par deux points
00:21:50.240 - 00:22:00.990	Outils E1: Symétrie axiale
00:21:53.660 - 00:21:54.920	E2: Non non non!
00:21:54.980 - 00:21:55.840	E1: Demi-tour...
00:21:55.910 - 00:21:57.570	E2: Ouais, si, ouais, prends ce point plutôt.
00:22:00.360 - 00:22:02.870	E1: De ce sommet, par rapport à cette droite.
00:22:03.630 - 00:22:04.100	E1: Voilà!
00:22:05.280 - 00:22:10.950	E1: Et ensuite, on fait... On est trop fort les enfants.
00:22:06.200 - 00:22:10.650	Outils E1: Tétraèdre
00:22:10.300 - 00:22:11.080	E3: Ouais, c'est pas ce que je voulais faire.
00:22:12.980 - 00:22:15.700	E3: M'en fous, ça c'est moi qui l'ai trouvé!
00:22:14.360 - 00:22:17.380	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:22:15.340 - 00:22:25.710	E1: D'accord! Mais on s'en fiche, on demande pas l'auteur! Eh ben voilà! On a trouvé! Alors: méthode par symétrie. Je vais marquer: méthode par...
00:22:25.700 - 00:22:28.490	E2: Non, mets ce qu'on a fait, pas "méthode par"
00:22:29.150 - 00:22:31.100	E1: Mais si, ça fait classe!
00:22:59.220 - 00:23:18.560	E1: Alors: une droite passant par le point A et le point... E
00:23:21.480 - 00:23:28.520	E3: [A E2] Ce qu'on pourrait essayer, je ne sais pas si ça va marcher, c'est de faire le même cube juste à côté.
00:23:28.500 - 00:23:33.460	E2: Non, ça ne marchera pas. Ça ne marchera pas parce que tu fais exactement le même truc!
00:23:35.310 - 00:23:39.120	E2: Tu fais exactement le même truc, ça sert à rien!
00:25:24.520 - 00:25:25.090	Généralités: Figure initiale
00:25:43.840 - 00:25:47.030	E1: Alors, je propose... t'as une idée!
00:25:46.220 - 00:26:01.950	E3: Regarde tu fais le même juste à côté. Tu vas voir que ta forme elle va faire schlack, schlack, tu vois ça va faire un losange. Après tu te sers de ce point à ce même point. a son symétrique. Après t'as plus qu'à faire ça...
00:26:01.740 - 00:26:06.480	E1: J'ai pas tout compris. Tu fais la symétrie de ce point par rapport à celui là?



00:26:06.230 - 00:26:15.040	E3: En gros tu fais... Tu représentes le même cube, tu mets juste à côté. Tu fais son symétrique. C'est à dire que ça [le triangle d'intersection], ça va être à l'inverse, ça va faire un losange.
00:26:19.500 - 00:26:21.047	E3: Après tu crées la droite là, et après tu vas trouver.
00:26:20.345 - 00:26:26.780	E1: Et après on retourne? Je ne comprends pas, tu veux faire un losange en partant de cette figure qui est là?
00:26:26.728 - 00:26:29.250	E2: Ce que tu veux faire c'est ça, non?
00:26:27.365 - 00:26:48.074	Actions E2: Construit le symétrique du cube par rapport à une des faces tronquées. Outils E2: Symétrie plane
00:26:48.400 - 00:26:50.675	E1: Ouais et ensuite?
00:26:50.648 - 00:26:52.559	Outils E2: Droite: par deux points
00:26:50.818 - 00:26:52.235	E2: Et ensuite tu vas faire une droite.
00:26:52.924 - 00:26:54.224	E1: Ah pas bête!
00:26:55.108 - 00:26:56.551	E2: tu vas faire une droite là.
00:26:55.419 - 00:26:56.888	Outils E2: Droite: support de segment
00:26:56.512 - 00:26:58.800	E3: Après tu fais la même comme ça et la même comme ça.
00:26:58.631 - 00:26:59.216	Actions E2: Non t'en as deux...
00:26:59.216 - 00:27:00.464	E1: Non c'est pas la peine!
00:27:00.919 - 00:27:04.039	E3: et après faut remplir!
00:27:04.338 - 00:27:06.795	E1: Et après tu fais un tétraèdre!
00:27:11.657 - 00:27:12.762	E2: Ca fait joli en plus!
00:27:12.541 - 00:27:15.674	E1: Ah ouais, j'aime beaucoup, ah c'est bien!
00:27:18.744 - 00:31:50.624	Généralités: Rédaction de la description
00:31:50.026 - 00:31:56.578	E2: Attends attends, parce que je viens d'y penser: le cube ne sert absolument à rien.
00:31:59.022 - 00:32:05.912	E1: Oui j'avoue... On pourrait faire... Mais si, parce que ça passe par ce point là! Ah oui, j'avoue...
00:32:00.816 - 00:32:03.221	Actions E2: Supprime le symétrique
00:32:07.069 - 00:32:09.136	Outils E2: Droite: support de segment
00:32:08.330 - 00:32:09.994	E2: Je fais une droite...
00:32:09.604 - 00:32:10.488	Outils E2: Droite: support de segment
00:32:09.915 - 00:32:12.632	E1: C'est pas grave, ça fait une méthode quand même!
00:32:11.410 - 00:32:14.244	E3: Mais ça on l'a déjà fait!
00:32:14.400 - 00:32:15.856	E1: Oui ben en fait tu viens de faire la même chose!
00:32:15.895 - 00:32:16.181	E2: Voilà.
00:32:17.819 - 00:32:19.054	E2: C'est ça, c'est juste que t'as rajouté un cube des deux côtés.
00:32:19.002 - 00:32:27.049	E1: Bon c'est pas grave, mais c'était une autre façon de penser, tu vois, bon c'est vrai que c'est la même chose mais on aurait pu trouver... Bon c'est pas grave, je la marque quand même, j'ai commencé...
00:32:26.698 - 00:32:27.660	E3: Attendez je vais demander au prof.
00:32:27.959 - 00:32:29.909	E2: Ben non, mais c'est la même chose...
00:32:32.951 - 00:32:34.745	E1: Ben oui c'est la même chose.
00:32:35.291 - 00:32:40.569	E3: [à l'enseignant] En fait, on a fait deux techniques qui se ressemblent.
00:32:40.270 - 00:32:40.972	E2: Non, c'est les mêmes.
00:32:41.011 - 00:32:51.658	E3: C'est juste que ici on a créé directement la droite par rapport à ça et à ça, et l'autre on a fait le cube, le même, et après on a créé les droites. Ca fait deux méthodes différentes?
00:32:51.528 - 00:32:54.830	Enseignant(e): Ben si vous estimez que c'est différent, oui, après il faut vous mettre d'accord entre vous.
00:32:54.934 - 00:32:55.480	E2: Ben non...
00:32:55.467 - 00:33:00.849	E1: Ben c'est pareil, mais bon, c'est quand même une autre méthode, c'est une autre façon de faire un petit peu... de penser...
00:32:56.806 - 00:32:58.223	Outils E2: Droite: support de segment
00:32:58.353 - 00:33:00.030	Outils E2: Droite: support de segment
00:32:59.809 - 00:33:10.404	E2: Monsieur c'est juste que c'était comme ça. A la base ce qu'on avait fait c'était ça, la première truc qu'on avait fait, et là ce qu'on a rajouté c'est qu'on... on a fait ça par rapport à...
00:33:03.228 - 00:33:12.523	Outils E2: Symétrie plane
00:33:15.409 - 00:33:17.697	E2: Voilà, cette face, c'est juste qu'on a fait ça en plus.
00:33:20.986 - 00:33:32.101	Enseignant(e): C'est par grave. Par contre maintenant je vais vous compliquer un peu la tâche, si tu permets, je vais vous faire travailler là dessus [fig 3, sans les outils de point]
00:33:32.322 - 00:33:33.414	E2: C'est la même chose, monsieur.
00:33:32.881 - 00:33:34.311	Enseignant(e): C'est la même chose sauf que vous n'avez plus les mêmes outils.
00:34:30.016 - 00:34:37.088	E3: Eh ce serait pas possible, c'est que tu fais directement le tétraèdre, tu vois ça va être plat, et après tu sais tu montes que un côté, on peut faire ça ou pas?
00:34:36.997 - 00:34:37.439	E1: Ben essaie!
00:34:36.997 - 00:34:37.439	E2: Je fais un quoi?
00:34:37.543 - 00:34:43.133	E3: Tu représentes le tétraèdre, tu le fais là, et après tu montes le côté, là!
00:34:42.431 - 00:34:44.160	E2: attends j'ai une idée!

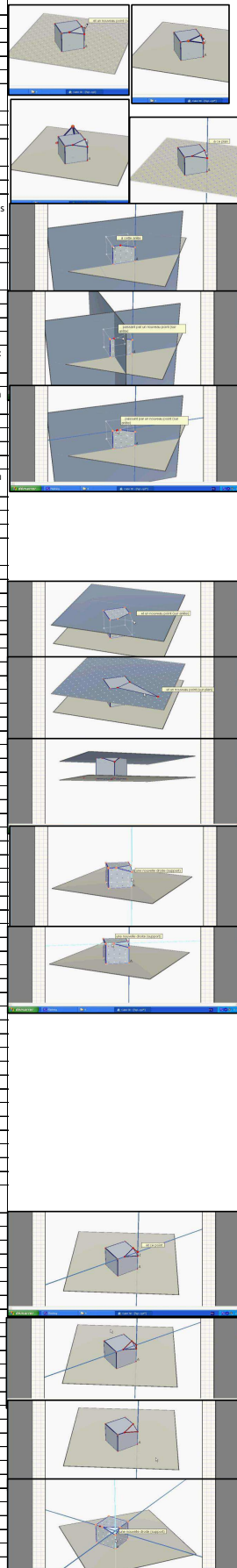



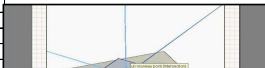
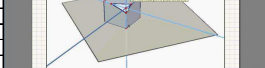





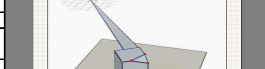
00:34:51.427 - 00:34:53.273	E2: Eh on n'a plus cube!
00:34:53.806 - 00:35:00.787	E1: J'avais vu que, tu peux en fait reconstruire un cube par dessus. C'est ce que tu voulais faire?
00:34:55.518 - 00:35:14.628	Actions E2: Tente d'utiliser "boite xyz", sans pouvoir sortir du plan Outils E2: Boite XYZ
00:35:14.407 - 00:35:18.541	E1: Oui, voilà c'est ce que je voulais te dire, sauf que j'ai pas l'impression que ça marche.
00:35:22.259 - 00:35:24.339	E1: Je peux essayer un truc?
00:35:45.113 - 00:35:46.166	E1: je peux essayer? Merci!
00:35:52.618 - 00:36:02.420	E2: Tu voulais faire un cube? Oui, moi aussi je voulais faire un cube, mais justement, là ce qu'il vient de nous dire, ben c'est vrai: il n'y a plus de cube!
00:36:01.328 - 00:36:03.850	E1: ah mais tout à l'heure on pouvait?!
00:36:21.348 - 00:36:31.072	E1: Mais on n'a pas fait la méthode où on reconstruit un cube par dessus. On n'a pas fait cette méthode là! Et là on ne peut plus la faire!
00:37:58.200 - 00:38:12.060	E1: Alors, parallèle... Si on fait une parallèle... Je ne sais pas ce que je fais...
00:37:59.440 - 00:38:00.160	Outils E1: Parallèle: à droite, par point
00:38:03.300 - 00:38:13.760	Actions E1: Essaie de parallèles en étudiant les différents objets qui s'affichent.
00:38:13.180 - 00:38:18.960	E2: C'est un plan qu'on va faire, c'est tout, c'est complètement bête, c'est encore une fois la même chose qu'on a fait.
00:38:19.840 - 00:38:22.780	E3: Moi j'essaie mon truc si elle n'y arrive pas!
00:38:24.900 - 00:38:26.380	E1: Non, ne fais rien!
00:38:45.260 - 00:38:46.820	E3: J'essaie mon truc!
00:38:53.600 - 00:39:04.840	Outils E3: Tétraèdre
00:39:05.920 - 00:39:08.780	Actions E3: Déplace un des points par lequel le cube est tronqué Outils E3: Manipulation: déplacement sur objet
00:39:11.500 - 00:39:13.550	E2: Comment t'as fait ça?
00:39:13.819 - 00:39:19.669	E1: Il a déplacé le point! Il a juste déplacé le point!
00:39:23.410 - 00:39:25.570	E3: j'ai fait un tétra... Regarde!
00:39:26.010 - 00:39:27.770	E1: Non mais il n'y a même pas besoin de faire le tétraèdre!
00:39:29.490 - 00:39:32.290	E1: Regarde, regarde: tu prends ce point, tu le déplaces, et voilà.
00:39:29.620 - 00:39:31.540	Outils E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:40:11.600 - 00:40:12.290	Généralités: Retour à la figure initiale
00:40:20.760 - 00:40:21.320	E1: Je peux essayer quelque chose?
00:40:24.480 - 00:40:37.480	Actions E3: Cherche à reconstruire un cube sur le cube tronqué: échec en raison d'un mauvais choix des arguments Outils E3: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:40:26.540 - 00:40:28.560	E1: Voilà, c'est ça que je voulais faire!
00:40:39.370 - 00:40:44.680	E1: Voilà, mais là ça ne va pas, tu vois c'est pas le même truc!
00:40:46.780 - 00:40:50.010	E1: Non, c'est normal, je sais pourquoi ça ne marche pas
00:40:48.640 - 00:40:52.020	Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:40:54.170 - 00:41:00.590	Actions E3: Cube centré en le centre de la face inférieure du cube, passant par un sommet Outils E3: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:40:54.650 - 00:40:58.550	E1: J'ai une idée. Non, il faut qu'il soit au milieu.
00:41:16.360 - 00:41:17.960	E2: T'as fait comment, là?
00:41:17.320 - 00:41:19.160	E3: J'ai juste fait un cube dans l'autre.
00:41:19.300 - 00:41:21.880	E1: Oui, par dessus l'autre.
00:41:24.100 - 00:41:28.880	E1: Avec une face sur le plan? Il y a une face sur le plan?
00:41:28.860 - 00:41:32.600	E3: On a recréé le cube en créant un cube par dessus le cube existant.
00:41:32.560 - 00:41:35.900	E1: Bon, on crée un cube, par dessus...
00:41:34.640 - 00:41:41.960	E3: On a recréé le sommet en créant un cube par dessus le cube existant!



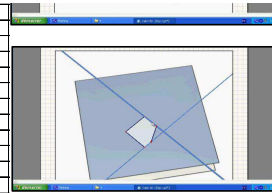
Reconstruction d'un sommet du cube: sixième groupe

Temps	
00:01:21.010 - 00:01:24.790	E1: Je peux essayer pour voir? Je crois déjà savoir ce que c'est.
00:01:24.600 - 00:02:12.500	Actions E1: Tente de construire un tétraèdre, mais ne parvient pas à positionner le dernier sommet (celui à reconstruire) Finalement, crée un point sur le plan de base mais qui semble être au bon endroit Outils E1: Tétraèdre
00:02:18.020 - 00:02:36.120	Actions E1: Nouvel essai Outils E1: Tétraèdre
00:02:33.180 - 00:02:36.100	E2: Ah tu fais n'importe quoi, là!
00:02:42.000 - 00:02:59.520	Actions E1: Nouvel essai Outils E1: Tétraèdre
00:02:46.960 - 00:02:51.280	E1: Il veut pas me faire ça...
00:03:01.080 - 00:03:02.860	E1: Je ne dois pas être sur le bon truc, déjà.
00:03:01.100 - 00:03:06.220	Actions E1: Tente d'utiliser l'outil "tétraèdre régulier", sans succès Outils E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:03:06.220 - 00:03:08.700	E1: Ok d'accord, il me l'a mis derrière.
00:03:20.520 - 00:03:23.080	Généralités: Retour à l'objet initial
00:03:26.940 - 00:03:36.960	Actions E1: Trace la perpendiculaire au plan de base passant par A. Outils E1: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:03:34.600 - 00:03:36.840	E2: Non non! Non c'est pas ça, là!
00:03:36.800 - 00:03:38.180	E1: Attends tu vas voir.
00:03:37.240 - 00:03:43.160	Actions E1: Usage "expérimental" de l'outil perpendiculaire: choix du point par lequel elle doit passer, et observation des possibilités proposées par Cabri selon la position du curseur Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:03:45.980 - 00:03:48.680	E2: tu fais quoi?
00:03:48.820 - 00:03:49.580	E1: Attends
00:03:52.180 - 00:03:59.160	Actions E1: Cherche à tracer une seconde arête tronquée en s'appuyant de nouveau sur l'outil perpendiculaire, mais échec du fait d'un usage non-contrôlé. Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:03:56.960 - 00:03:59.100	E1: Qu'est ce qu'il me fait là?
00:04:07.920 - 00:04:15.200	Actions E1: Recommence la même procédure. Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:04:15.560 - 00:04:17.560	E1: Je suis bête, c'est pas ça que je dois faire!
00:04:18.540 - 00:04:26.240	E1: Alors, parallèle à ça... Ouais, nickel, ah... Allez! Hop!
00:04:18.540 - 00:04:26.240	Actions E1: Pour tracer la droite support de l'arête tronquée, trace la parallèle à cette arête passant par un de ses points. Outils E1: Parallèle: à droite, par point
00:04:26.740 - 00:04:31.940	E1: Hop... Bon, ils ne peuvent pas me remettre le dessin normal [sans le plan qui a été créé], là?
00:04:40.980 - 00:04:51.080	Actions E1: Cherche à reconstruire le tétraèdre manquant, mais utilise "tétraèdre régulier" échec Outils E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:04:48.840 - 00:04:50.280	E1: Hein?
00:04:53.580 - 00:04:55.420	Généralités: Ouvre la figure initiale
00:04:55.800 - 00:04:58.840	E1: Bon vas-y j'essaie une dernière fois, après je te laisse essayer.
00:04:58.860 - 00:05:00.660	E2: Non mais moi, je ne sais pas...
00:05:16.580 - 00:05:30.780	Actions E1: Trace le plan perpendiculaire à l'arête verticale tronquée passant par un sommet de la face supérieure: construction du plan de la face supérieure Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:05:27.780 - 00:05:29.780	E2: C'est bon, là!
00:05:33.100 - 00:05:34.880	E1: Hum...
00:05:38.060 - 00:05:40.460	Actions E1: Observe les menus pour choisir "tétraèdre", et non "tétraèdre régulier"
00:05:40.860 - 00:05:52.240	Actions E1: Tente de construire le tétraèdre manquant en s'appuyant sur ce plan. Mauvaise construction involontaire. Outils E1: Tétraèdre
00:05:50.700 - 00:05:58.800	E1: Ah, mon but c'est sur le même, mais...
00:05:53.560 - 00:06:07.640	Actions E1: Nouvel essai, et mauvaise création involontaire Outils E1: Tétraèdre
00:06:03.600 - 00:06:07.240	E1: Allez, bon sang!
00:06:09.680 - 00:06:15.440	E2: Mais il faut que tu crées un nouveau point, sinon tu pourras pas... tu pourras jamais faire un...
00:06:15.480 - 00:06:17.240	E1: Ouais, t'as pas tort
00:06:18.480 - 00:06:27.560	E1: Comment on fait pour... Comment on fait tourner la vue, là?
00:06:28.520 - 00:06:32.000	E2: C'était dans le premier TP, tu fais clic droit et tu tournes!
00:06:34.920 - 00:06:42.480	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:06:42.680 - 00:06:45.840	E1: Ouais, bon d'accord, c'est pas ça déjà...
00:06:46.840 - 00:06:49.120	Généralités: Réinitialise
00:06:53.440 - 00:07:05.480	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:04.000 - 00:07:07.720	E2: Je pense qu'il faut faire déjà une perpendiculaire à ça, et une parallèle à l'autre!
00:07:07.400 - 00:07:08.320	E1: C'est ce que j'avais fait tout à l'heure.
00:07:08.320 - 00:07:10.600	E2: Et faut mettre un point et après enlever les traits.
00:07:09.760 - 00:07:11.080	E1: Mais c'est ce que j'avais fait tout à l'heure aussi!
00:07:11.080 - 00:07:13.040	E2: Mais il faut les mettre en trait de construction!
00:07:17.320 - 00:07:21.160	Actions E1: Construit la droite support de l'arête tronquée verticale Outils E1: Droite: support de segment
00:07:21.320 - 00:07:23.440	Outils E1: Droite: support de segment
00:07:23.880 - 00:07:34.280	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:24.000 - 00:07:27.080	E2: Et là tu fais un point sur le truc...
00:07:28.320 - 00:07:30.960	E2: Tu... tu fais un point là.
00:07:31.160 - 00:07:32.040	E1: Ouais.
00:07:34.640 - 00:07:38.360	Outils E1: Point: intersection
00:07:39.520 - 00:07:45.400	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:39.560 - 00:07:41.520	E2: Et là il faut que tu supprimes les deux droites.
00:07:43.160 - 00:07:45.800	E1: Ah ben alors là mon chou... Euh...
00:07:45.940 - 00:07:47.920	E2: bah faut faire clic droit dessus, et supprimer.
00:07:46.800 - 00:07:48.380	Actions E1: supprime une des droites.
00:07:47.720 - 00:07:49.500	E1: Voilà!
00:07:49.580 - 00:07:50.540	E2: Mais ton point il a disparu!
00:07:50.660 - 00:07:56.260	E1: Ben oui je viens de voir ça, merci tu sais comment expliquer cette malencontreuse...
00:07:54.420 - 00:07:56.900	Outils E1: Droite: support de segment
00:07:57.840 - 00:07:59.700	Outils E1: Point: intersection
00:08:01.280 - 00:08:13.920	Actions E1: Exploration des menus
00:08:11.980 - 00:08:14.840	E2: Ou sinon tu fais pas une droite, tu fais juste un segment!
00:08:16.120 - 00:08:20.480	E1: Ouais mais là il faut qu'on remplisse, tu vois, le truc.
00:08:20.280 - 00:08:22.420	E2: Non, il ne faut pas le remplir, il faut juste le reconstruire.
00:08:27.020 - 00:08:29.660	E2: Ils ont dit de pas remplir, hein, juste de reconstruire!
00:08:29.040 - 00:08:29.980	E1: C'est à dire?
00:08:30.340 - 00:08:31.780	E2: Juste le reconstruire.
00:08:31.840 - 00:08:34.700	E1: Bah il est reconstruit alors, là... quasiment.
00:08:34.820 - 00:08:36.260	E2: Bah non!
00:08:36.300 - 00:08:39.120	E1: Tu veux dire que je remplisse ça, que je fasse comme le carré normal, entier?
00:08:39.180 - 00:08:41.200	E2: Attends. Clique là, et tu fais un segment.
00:08:41.500 - 00:08:43.180	E1: Attends.
00:08:41.720 - 00:08:43.820	Actions E1: Affiche la droite support de la troisième arête tronquée, mais ne la crée pas. Outils E1: Droite: support de segment
00:08:44.400 - 00:08:52.380	Actions E1: Trace le segment manquant. Outils E1: Segment: à partir de deux points
00:08:48.380 - 00:08:50.060	E2: Tu fais celui-là et celui-là.
00:08:52.960 - 00:08:55.160	Actions E1: Reconstruit les autres arêtes du tétraèdre manquant. Outils E1: Segment: à partir de deux points
00:08:53.300 - 00:08:58.400	E2: Voilà, et là tu l'as reconstruit.
00:09:30.360 - 00:09:32.280	E2: tu fais un segment, là encore! T'as pas fini!
00:09:34.483 - 00:09:36.343	E1: Faut que je fasse encore un segment?
00:09:36.283 - 00:09:38.163	E2: Bah celui-là et celui-là, et après tu supprimes les droites.
00:09:39.043 - 00:09:43.063	Outils E1: Segment: à partir de deux points
00:09:40.203 - 00:09:44.563	E2: Non, au dessus! voilà! Et tu supprimes les droites.
00:09:46.783 - 00:09:51.403	Actions E1: Supprime l'une des droites, et efface du même coup toutes les constructions.
00:09:51.723 - 00:09:56.023	E1: C'est casse-pieds, ça!
00:10:00.743 - 00:10:04.703	Actions E1: Essaie brièvement les outils "perpendiculaire" et "segment", qui ne fonctionnent pas
00:10:07.923 - 00:10:09.443	Généralités: Réinitialise
00:10:11.303 - 00:10:15.063	E2: Mais non, pourquoi t'as recommencé?
00:10:14.163 - 00:10:16.283	E1: Parce que ça ira plus vite!
00:10:16.563 - 00:10:18.083	E2: Mais non!
00:10:18.023 - 00:10:19.943	E1: Là j'étais perdu, je ne comprenais plus rien!
00:10:29.560 - 00:10:32.900	Outils E1: Droite: support de segment
00:10:33.320 - 00:10:35.460	Outils E1: Droite: support de segment
00:10:35.460 - 00:10:36.780	Outils E1: Droite: support de segment
00:10:38.620 - 00:10:41.160	Actions E1: Supprime l'une des trois droites
00:10:41.280 - 00:10:42.860	E2: Mais non, les supprime pas maintenant!
00:10:42.980 - 00:10:44.300	E1: Je supprime un point, c'est différent!
00:10:44.520 - 00:10:46.260	E2: Non, t'as supprimé la droite, là!
00:10:46.580 - 00:10:48.980	Outils E1: Droite: support de segment
00:10:46.980 - 00:10:48.060	E1: Quel dommage



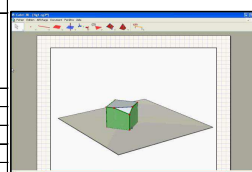
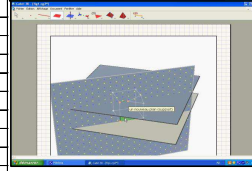
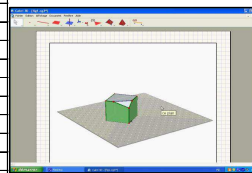
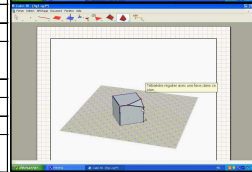
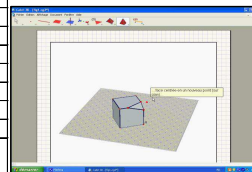
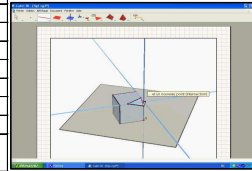
00:10:50.240 - 00:10:53.060	Outils E1: Point: intersection	
00:11:01.760 - 00:11:05.700	Actions E1: Trace les arêtes du tétraèdre Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:11:05.540 - 00:11:07.740	E2: Mais peut être que le point, en fait, il faut faire comme ça!	
00:11:06.620 - 00:11:10.360	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:11:11.920 - 00:11:15.780	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:11:35.500 - 00:11:39.180	E2: Tu peux masquer les droites, ou pas?	
00:11:39.160 - 00:11:40.240	E1: Been...	
00:11:40.240 - 00:11:42.060	E2: Clique droit sur une droite.	
00:11:44.860 - 00:11:46.780	E2: Pas un segment, une droite	
00:11:46.100 - 00:12:04.780	Actions E1: Masque les trois droites à l'aide de la boîte de dialogue contextuelle	
00:11:50.340 - 00:11:53.380	E1: Voilà, nickel.	
00:11:57.280 - 00:11:59.240	E2: En fait c'était simple, hein!	
00:12:04.780 - 00:12:06.060	E1: C'est juste ce qu'il y a à faire?	
00:12:05.960 - 00:12:08.660	E2: Ben oui c'est juste ce qu'il y a à faire! C'est simple, hein, c'est tout con!	
00:12:06.180 - 00:12:31.080	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:12:08.740 - 00:12:11.480	E1: Ah il ne faut pas remplir?	
00:12:11.580 - 00:12:13.140	E2: Mais non, il faut juste le reconstruire!	
00:12:14.600 - 00:12:21.760	E1: Monsieur? C'est bon, là, ou...?	
00:12:20.320 - 00:12:23.480	Enseignant(e): Ben, qu'est ce que t'en penses?	
00:12:23.280 - 00:12:25.200	E1: Ben que c'est pas mal!	
00:12:25.080 - 00:12:31.280	Enseignant(e): Bah alors... tu vois le problème, c'est qu'il faut que ce soit toi qui valide tes résultats.	
00:12:31.220 - 00:12:38.700	E1: Donc là c'est bon. Qu'est-ce qu'on fait, on enregistre? Bah pour une fois qu'on fait quelque chose de bien... Il faut marquer les méthodes, hein?	
00:12:38.300 - 00:12:40.740	Enseignant(e): Bah oui, il faut indiquer les méthodes.	
00:12:42.040 - 00:12:50.640	E2: Première méthode: qu'est-ce qu'on a fait?	
00:12:47.960 - 00:12:56.520	E1: Alors première méthode: on place des droites perpendicu... on place des droites.	
00:12:55.360 - 00:12:59.200	E2: En fait il ne faut pas marquer les méthodes qui ont été fausses, il ne faut marquer que celles qui ont réussi!	
00:12:58.680 - 00:13:02.600	E1: Ben elles ont toutes été vraies, après c'est juste [à] la fin qu'on a masqué.	
00:13:05.360 - 00:13:08.400	E1: Ben première méthode: on a placé des droites sur les arêtes du...	
00:13:08.280 - 00:13:10.040	E2: Bah attends, je vais le rédiger.	
00:13:11.440 - 00:13:16.200	E1: Pendant ce temps j'essaie de trouver une autre méthode, ok?	
00:14:42.960 - 00:14:44.520	Généralités: Réinitialise	
00:14:53.520 - 00:15:00.560	Actions E1: Tente de construire directement le tétraèdre manquant: échec Outils E1: Tétraèdre	
00:15:01.000 - 00:15:02.160	E1: Non!	
00:15:05.880 - 00:15:10.920	Actions E1: Trace les droites support des arêtes pour positionner le dernier sommet du tétraèdre Outils E1: Droite: support de segment	
00:15:11.600 - 00:15:15.520	Outils E1: Droite: support de segment	
00:15:16.760 - 00:15:26.800	Outils E1: Tétraèdre	
00:15:27.200 - 00:15:33.880	E2: En fait t'as utilisé quoi comme truc, t'as utilisé parallèle ou perpendiculaire?	
00:15:32.880 - 00:15:34.600	Généralités: Réinitialise	
00:15:33.560 - 00:15:34.880	E1: Euh, "droite".	
00:15:35.600 - 00:15:39.680	E1: Droite, seulement une droite. J'ai pas fait parallèle ou perpendiculaire, j'ai fait ça.	
00:15:39.200 - 00:15:40.920		
00:15:39.200 - 00:15:40.920	E2: T'as juste fait droite?	
00:15:41.040 - 00:15:44.320	E1: Ouais. C'est ce qu'il y a de mieux, regarde: hop, hop, hop...	
00:15:41.200 - 00:15:42.280	Outils E1: Droite: par deux points	
00:15:43.080 - 00:15:44.320	Outils E1: Droite: support de segment	
00:15:44.920 - 00:15:49.520	Outils E1: Point: intersection	
00:15:50.600 - 00:15:59.480	Outils E1: Tétraèdre	
00:15:58.200 - 00:16:00.840	E2: Mais c'est la même technique que tout à l'heure, ça!	
00:16:01.000 - 00:16:03.000	E1: Non, pas du tout.	
00:16:02.520 - 00:16:09.640	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:16:03.800 - 00:16:06.080	E1: Et elle marche, aussi.	
00:16:06.240 - 00:16:08.600	E2: tu fais tétraèdre, là?	
00:16:08.200 - 00:16:09.720	E1: C'est bon, ça remplit!	
00:16:12.600 - 00:16:17.200	E2: T'as fait tétraèdre, là?	
00:16:17.080 - 00:16:22.080	E1: Bah, ouais tétraèdre! Ce que je voulais faire tout à l'heure, mais je n'y arrivais pas! Tu vois, ça le fait, regarde ça a rempli!	
00:17:22.800 - 00:17:27.920	E2: Mais en fait t'es parti comme la méthode 1, t'as prolongé les droites?	
00:17:28.240 - 00:17:31.920	E1: Ben... Tu veux dire pour faire ça, là?	
00:17:31.240 - 00:17:33.080	E2: Ouais! T'as prolongé les droites, encore?	
00:17:33.400 - 00:17:37.040	E1: J'ai prolongé les droites... non! Ben, le...	
00:17:36.520 - 00:17:39.160	E2: Ben si t'as prolongé les droites, après t'as fait le tétraèdre, là!	
00:17:39.080 - 00:17:48.240	E1: Ouais, j'ai prolongé les droites et après j'ai fait... ben j'ai construit un triangle avec les points restant, et vu que c'est des... Ben en fait ça remplit la surface manquante.	
00:17:48.080 - 00:17:52.040	E2: Ouais, mais là du coup tu l'as rempli!	
00:17:51.160 - 00:17:52.800	E1: Ouais, ben c'est bon je pense	
00:17:52.880 - 00:17:55.280	E2: Ben il faut le reconstruire, il ne faut pas le remplir.	
00:18:37.480 - 00:18:42.000	E2: Mais en fait tu peux faire perpendiculaire, aussi!	
00:18:43.861 - 00:18:49.221	E1: C'est bon ou pas, monsieur?	
00:18:47.781 - 00:18:50.221	Enseignant(e): Ah ça c'est à vous de voir!	
00:18:50.461 - 00:18:53.941	E2: Mais il est rempli, il est pas reconstruit!	
00:18:54.261 - 00:18:58.661	Enseignant(e): Ben dans ce cas là vous me dites que vous avez rempli mais pas reconstruit!	
00:18:59.021 - 00:19:01.061	E2: Oui mais c'est bon?	
00:19:01.181 - 00:19:17.381	Enseignant(e): C'est à vous de voir	
00:19:18.261 - 00:19:24.221	E1: [à E2] Non mais c'est bien, il est bon, là!	
00:19:24.781 - 00:19:30.381	E1: Bon, j'en fais un nouveau? T'as retenu? Non, t'as pas retenu, c'est pas grave.	
00:19:31.621 - 00:19:34.021	E2: Ben... En fait c'est comme la première technique, donc...	
00:20:22.760 - 00:20:25.240	Généralités: Réinitialise	
00:20:54.400 - 00:21:01.200	Actions E1: Crée le plan support de la face supérieure Outils E1: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:21:01.400 - 00:21:03.000	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:21:03.600 - 00:21:06.100	Outils E1: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:21:07.580 - 00:21:10.760	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:21:07.980 - 00:21:10.300	E2: Ah mais c'est bien, ça!	
00:21:11.000 - 00:21:12.540	E1: Bah bien sûr que c'est bien!	
00:21:11.960 - 00:21:16.560	Actions E1: Sélectionne involontairement une arête: Cabri ne propose plus de créer un plan support de face Outils E1: Plan: par une droite et un point	
00:21:12.700 - 00:21:14.300	E2: Vas-y, fais le plan!	
00:21:14.500 - 00:21:17.600	E1: Mais non, mais qu'est-ce qu'il m'a fait!	
00:21:19.380 - 00:21:27.120	E1: Bien sûr que c'est bien! Hop, et là on va remplir...	
00:21:27.140 - 00:21:29.480	Outils E1: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:21:27.160 - 00:21:27.960	E2: Un plan par cette face!	
00:21:28.040 - 00:21:29.340	E1: Bah oui c'est ce que j'essaie de faire, là!	
00:21:29.900 - 00:21:31.700	E1: Voilà, bingo!	
00:21:31.440 - 00:21:31.920	E2: Voilà!	
00:21:32.160 - 00:21:34.280	E1: Bon ben là on l'a rempli, je crois, ton truc!	
00:21:34.280 - 00:21:36.620	E2: Ouais mais maintenant il faut faire le... le truc qui manque, là.	
00:21:36.600 - 00:21:38.200	E1: Ca déchire!	
00:21:38.660 - 00:21:39.620	E2: tu places le point là.	
00:21:40.800 - 00:21:49.080	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:21:49.200 - 00:21:50.120	Actions E1: Intersection des trois plans Outils E1: Point: intersection	
00:21:50.160 - 00:21:51.320	E2: Il faut essayer de le placer là!	
00:21:51.480 - 00:22:00.800	E1: [à un autre groupe] Eh regarde ce qu'on a fait, là! Et là c'est bon, en plus.	
00:22:03.440 - 00:22:12.680	Généralités: [à côté] Comment on fait pour faire une symétrie?	
00:22:00.680 - 00:22:03.800	E1: C'est bien, ça, monsieur?	
00:23:04.240 - 00:23:12.880	Enseignant(e): Ah je ne te dirai pas!	
00:23:11.600 - 00:23:19.640	E1: En fait on a fait des symétries par rapport à chaque plan, etc., on fait il ne nous reste plus que la surface à découper.	
00:28:49.000 - 00:29:00.480	Actions E1: Masque les trois plans.	
00:28:49.200 - 00:28:56.600	E2: Mais en fait là tu n'as pas fini! Il faut supprimer les plans!	
00:29:01.120 - 00:29:07.280	E2: Bah là t'as un point, qui flotte dans l'air, et tu dois tracer les segments.	
00:29:10.560 - 00:29:14.600	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:29:15.920 - 00:29:17.880	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:29:19.280 - 00:29:21.360	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:29:23.600 - 00:29:25.680	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:29:27.240 - 00:29:29.320	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:29:31.040 - 00:29:33.120	Outils E1: Segment: à partir de deux points	
00:36:02.100 - 00:36:09.100	Actions E2: Trace le plan support de la face supérieure Outils E2: Plan: support d'une face de polyèdre	
00:36:14.800 - 00:36:20.400	Actions E2: Droite support d'une arête de la face supérieure Outils E2: Droite: support de segment	
00:36:22.500 - 00:36:28.100	Actions E2: Droite support d'une arête de la face supérieure Outils E2: Droite: support de segment	

00:36:28.400 - 00:36:29.800	Outils E2: Point: intersection	
00:36:31.000 - 00:36:46.500	Actions E2: Masque les constructions pour ne laisser que le point reconstruit	
00:36:48.000 - 00:36:51.700	E2: T as vu comment j'ai fait ou pas?	
00:36:52.900 - 00:36:55.500	E1: Non, mais je sais le faire	
00:36:55.100 - 00:36:56.100	E2: Non mais il faut noter!	
00:36:58.320 - 00:37:01.000	E1: Oui mais je ne sais pas, moi, comment on rédige.	
00:37:01.440 - 00:37:05.240	E1: (à un autre groupe) il a tiré les droites, il a foutu un point, il a masqué les droites!	
00:37:05.320 - 00:37:10.840	E2: Mais n'importe quoi! J'ai fait un plan! D'accord? Ben vas-y, note-le!	
00:37:18.400 - 00:37:23.300	E1: Il a fait un plan	
00:37:24.960 - 00:37:32.960	E2: "à prolongé les droites"	
00:38:18.600 - 00:38:42.800	E1: Puis tracé les segments, comme dans la méthode 1.	
00:38:54.900 - 00:39:00.100	Généralités: fig 3	

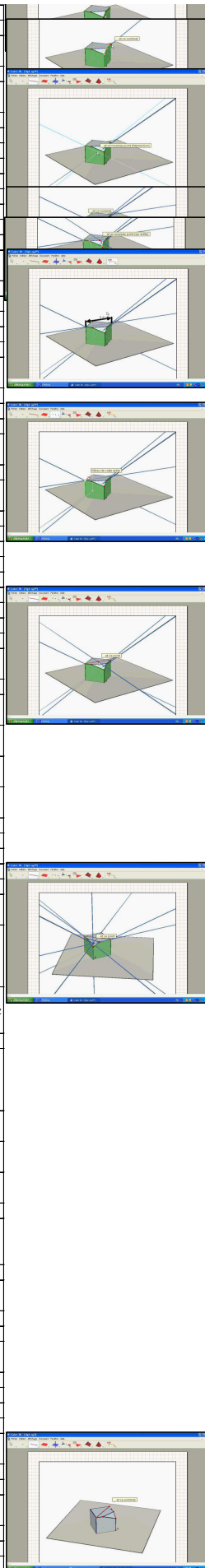


Reconstruction d'un sommet du cube: septième groupe

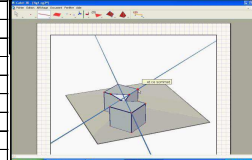
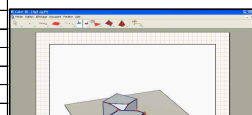
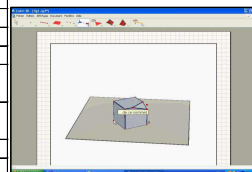
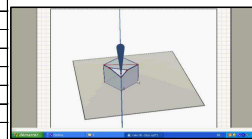
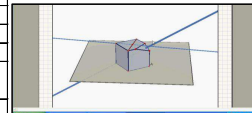
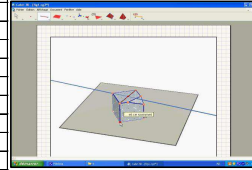
Temps	
00:03:36.000 - 00:03:36.810	Généralités: 1e ouverture
00:03:36.890 - 00:03:38.460	E1: Faut recréer le sommet
00:03:44.020 - 00:03:44.560	E1: C'est pas trop dur, non?
00:03:46.090 - 00:03:48.160	E1: Faut prolonger... On prolonge les traits...
00:03:47.940 - 00:03:51.790	Actions E2: Utilise deux points sur l'arête tronquée Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:03:48.280 - 00:03:49.080	E2: Ouais, j'y pensais aussi
00:03:50.980 - 00:03:51.820	E2: Ouais, comme ça c'est bon.
00:03:51.600 - 00:03:52.040	E1: Ouais voilà!
00:03:54.540 - 00:03:56.600	Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:03:54.560 - 00:03:56.620	Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:03:55.180 - 00:03:56.860	E1: Après ça te donne un point, et...
00:03:56.920 - 00:03:59.420	E2: Et pour faire bonne mesure on fait celui là aussi! (la troisième arête)
00:03:58.920 - 00:04:00.880	Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:04:00.300 - 00:04:00.880	E2: non?
00:04:02.300 - 00:04:04.060	E1: Voilà ça donne un point, là.
00:04:04.240 - 00:04:08.340	E2: On a déjà [???] On aurait pu même placer le point, d'ailleurs.
00:04:07.840 - 00:04:08.460	Opérateurs E2: Point: intersection
00:04:14.060 - 00:04:18.340	E1: Monsieur, On a déjà trouvé une méthode!
00:04:18.040 - 00:04:19.520	Enseignant(e): Ben expliquez moi ce que c'est.
00:04:19.500 - 00:04:22.260	E1: Voilà on a fait ça, et après on fait quoi?
00:04:22.100 - 00:04:30.060	Enseignant(e): Après vous écrivez ce que vous avez fait, et vous en cherchez d'autres. Vous avez de quoi travailler avant de faire le tour, moi j'en ai trouvé au moins 20-25.
00:04:47.800 - 00:04:48.940	E2: Méthode 1:
00:04:48.160 - 00:04:53.760	E1: Prolonger les arêtes...
00:04:55.460 - 00:05:01.560	E2: Prolonger les arêtes dont les sommets...
00:05:02.700 - 00:05:06.620	E1: afin d'obtenir un point commun...
00:05:06.500 - 00:05:09.900	E2: prolonger les arêtes dont le point commun est le sommet manquant.
00:05:40.100 - 00:05:42.020	Généralités: Réinitialise
00:05:46.680 - 00:05:55.200	Actions E2: Tente d'utiliser l'outil tétraèdre régulier
00:05:46.720 - 00:05:49.040	E2: Alors est-ce que ça, ça marche?
00:05:49.980 - 00:05:50.900	E1: tu fais quoi?
00:05:51.400 - 00:05:52.900	E2: Tétraèdre régulier...
00:05:53.800 - 00:05:56.640	E2: Ah oui c'est dans... Il est dans ce plan, là...
00:05:56.700 - 00:05:57.420	E1: Moi j'ai une idée.
00:05:57.760 - 00:05:59.640	E1: Tu penses à quelle idée, toi?
00:05:59.680 - 00:06:02.680	E2: Moi je pensais faire un plan là [sur le triangle d'intersection] et puis faire un tétraèdre avec les trois points.
00:06:02.740 - 00:06:03.880	E1: Ouais moi aussi...
00:06:03.980 - 00:06:06.020	E2: Bah oui mais non, mais le point il peut se balader n'importe où!
00:06:06.120 - 00:06:11.280	Généralités: Problème à communiquer, même concernant les procédures. E1: prolongement des faces E2: reconstruction du tétraèdre
00:06:06.120 - 00:06:11.280	E1: Moi je voulais mettre un plan comme ça, un plan comme ça, un plan comme ça.
00:06:11.100 - 00:06:13.300	E2: Non mais après le point il peut se balader partout!
00:06:14.480 - 00:06:15.560	E1: Ben non, tu le vois!
00:06:15.600 - 00:06:19.460	E2: Non mais je veux dire sur le tétraèdre: si tu fais un tétraèdre avec la base ici, le point il peut se balader partout!
00:06:19.600 - 00:06:24.900	E1: Si tu fais un point là, un point là... ça fait un truc comme ça qui se déplace...
00:06:25.060 - 00:06:27.340	E2: en prolongeant les faces qui ont été tronquées, quoi.
00:06:27.460 - 00:06:28.260	E1: Oui voilà!
00:06:29.080 - 00:06:31.420	Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:06:31.546 - 00:06:32.092	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:06:32.152 - 00:06:34.546	Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:06:32.691 - 00:06:35.291	E2: Nouveau plan, support... Comme ça?
00:06:45.873 - 00:07:01.057	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:07:02.890 - 00:07:05.113	Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:07:07.609 - 00:07:09.624	E2: et voilà, et on a notre point ici
00:07:07.609 - 00:07:09.624	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:07:10.677 - 00:07:13.589	E2: Ah non mince, je me suis trompé de côté.
00:07:17.801 - 00:07:19.218	Actions E2: Supprime un plan
00:07:21.688 - 00:07:23.833	E2: Il faudrait déjà que je fasse le bon plan...
00:07:26.485 - 00:07:27.668	Opérateurs E2: Plan: support d'une face de polyèdre
00:07:29.657 - 00:07:32.725	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:07:34.506 - 00:07:37.184	E2: Est-ce qu'on peut le placer là? Oui.
00:07:34.506 - 00:07:37.184	Opérateurs E2: Point: intersection
00:07:37.210 - 00:07:40.434	E2: En plus il marque bien l'intersection de tous les plans, c'est parfait.
00:07:45.517 - 00:07:47.961	E2: Ca c'est plus simple, quand même.
00:07:52.264 - 00:07:56.918	E2: Donc... Prolonger les faces... Prolonger les faces tronquées du cube. Enfin...
00:07:57.776 - 00:08:00.935	E2: Ben faire un plan sur chaque face... tronquée ça veut dire qu'elle est coupée.
00:08:01.065 - 00:08:03.873	E1: Je sais mais je veux dire "tronquée", euh...
00:08:12.258 - 00:08:13.636	E1: Bon je vais enlever...
00:08:13.883 - 00:08:17.198	Actions E1: Réinitialise
00:08:41.118 - 00:08:46.708	E2: Comment on peut dire ça? Faire un plan...
00:08:48.112 - 00:08:50.218	E1: Ah j'ai trouvé une autre méthode, là!
00:08:54.560 - 00:08:56.653	E2: Ah, par symétrie de l'autre... C'est pas bête ça!
00:08:58.083 - 00:09:00.670	E1: Mais t'as noté l'autre, attends note le, parce que après on va pas le...
00:09:00.709 - 00:09:02.022	E2: Non parce que je vois pas comment l'écrire...
00:09:04.479 - 00:09:11.005	E1: En prolongeant et, euh... En prolongeant les plans des côtés et... enfin je ne sais pas, tu vois...
00:09:12.656 - 00:09:14.632	E1: il va comprendre...
00:09:19.793 - 00:09:21.496	E1: Prolonger les côtés... les faces!
00:09:22.276 - 00:09:29.361	E1: Non créer un plan à partir des faces des côtés... Afin d'obtenir l'intersection.
00:09:28.191 - 00:09:34.886	E2: Les trois plans, chacun ayant comme support une face tronquée... et l'intersection. D'accord.
00:09:37.681 - 00:09:42.881	E2: Créer trois plans... Voilà je sais comment écrire.
00:09:47.223 - 00:09:49.407	E2: En plus il marque "support" notre logiciel.
00:10:10.922 - 00:10:12.547	E2: Ah, je vois une autre méthode.
00:10:41.979 - 00:10:49.040	E1: Là attends. Regarde, genre on fait une droite, là tu vois... Vas-y, une droite entre ce point là et ce point là.
00:10:49.180 - 00:10:51.400	E2: Et tu fais la symétrie du point opposé par rapport à cette droite?
00:10:51.740 - 00:11:13.680	E1: Non non non! Je prends un milieu, là, je prends le milieu de cette droite, c'est un certain point, ensuite ce point là (tu vois le point là?), je le relie au milieu, après ça va passer par là. Après, je refais pareil, sauf [que c'est] pour ça et ça... Genre ça va créer l'intersection.
00:10:59.140 - 00:11:03.560	E2: Ouais, tu fais une droite... Tu prends le centre du cube, ça passera par le point.
00:11:14.040 - 00:11:15.900	E1: Enfin j'ai pas très bien expliqué, mais bon.
00:11:15.680 - 00:11:18.720	E2: Il y a peut être un truc plus simple! T'as pas besoin de faire...
00:11:18.480 - 00:11:19.520	E1: Oh plus simple, de toute façon il y en a plein...
00:11:19.600 - 00:11:23.680	Généralités: Distinction p/c: pour montrer, utilise une stratégie qui aurait fonctionné en p/c
00:11:19.600 - 00:11:23.680	E2: Tu peux faire, regarde, diagonale comme ça [trace du curseur la diagonale sur une face], diagonale comme ça [idem, sur l'autre face]
00:11:23.760 - 00:11:25.100	E1: Et ça, ça passe...
00:11:24.940 - 00:11:25.360	E2: Après faut trouver le point, quoi.
00:11:26.440 - 00:11:30.920	E1: Ouais enfin, tu vois il y a plein de méthodes, on fera après!



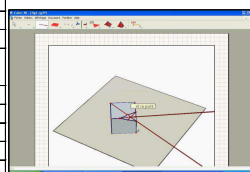
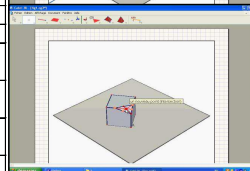
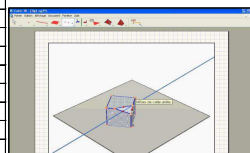
00:11:36.060 - 00:11:39.840	Actions E1: Grande diagonale du cube Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:11:43.460 - 00:11:47.740	E1: Voilà... Ensuite... C'est pas ça que je voulais faire!
00:11:47.740 - 00:11:53.280	E2: Droite passant par ce sommet... Ben sinon tu fais comme ça et comme ça, et tu passes par le centre... par le centre d'intersection, si t'arrives à le sélectionner.
00:11:48.500 - 00:11:52.280	Actions E1: Grande diagonale du cube Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:11:52.980 - 00:11:57.940	Actions E1: Utilisation de l'intersection pour tracer la 3e grande diagonale Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:11:54.660 - 00:11:59.580	E2: Droite par ce sommet... Intersection: c'est bon! Voilà!
00:12:00.420 - 00:12:02.300	E1: Ensuite...
00:12:03.800 - 00:12:06.140	E1: Par ce sommet...
00:12:07.580 - 00:12:10.940	E2: Ce sommet, normalement, passant...
00:12:10.800 - 00:12:13.640	E1: Ah, il faut que ça soit parallèle au plan...
00:12:14.340 - 00:12:16.600	E1: Non, il faut qu'elle passe par le milieu, en fait!
00:12:16.520 - 00:12:19.340	E2: Ouais, et pour faire le milieu, comment on peut faire?
00:12:19.420 - 00:12:22.160	E1: Attends, ben il y a un outil, forcément!
00:12:24.840 - 00:12:29.520	Généralités: Procédure héritée du p/c: même avec VNI, prégnance des info quantitatives
00:12:24.840 - 00:12:29.520	Actions E1: Mesure de la longueur de la diagonale de la face supérieure Opérateurs E1: Distance: deux points
00:12:29.860 - 00:12:30.820	E2: 3.6 Faut faire un point...
00:12:32.380 - 00:12:34.440	E1: Je vais demander au prof...
00:12:37.880 - 00:12:39.920	Actions E1: Supprime la mesure
00:13:03.260 - 00:13:05.160	E2: Attends, regarde! Milieu.
00:13:07.000 - 00:13:12.260	E2: Milieu d'un... milieu d'un nouveau point?
00:13:07.000 - 00:13:12.260	Actions E2: Cherche à construire le milieu d'un segment qui n'est pas déclaré à Cabri, et doit construire "milieu d'un bipoint": échec Opérateurs E2: Milieu: deux points
00:13:11.680 - 00:13:13.620	E1: Non faudra faire sur le segment.
00:13:14.100 - 00:13:17.700	E2: Milieu d'un... milieu de cette arête, déjà il nous la donne...
00:13:14.100 - 00:13:17.700	Actions E2: Teste l'utilisation de l'outil "milieu" Opérateurs E2: Milieu: segment/vecteur
00:13:19.480 - 00:13:27.240	E2: Ah oui bien sûr, il faut faire... ça, il considère ça comme une droite! Je vois le problème! Tu permets que je fasse?
00:13:29.360 - 00:13:41.220	Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:13:29.360 - 00:13:43.860	E2: Hop, segment... par ce sommet, et ce sommet. Et ensuite tu fais milieu... C'est tout!
00:13:34.140 - 00:13:37.560	E1: Ouais ouais! Vas-y, passe, je construis!
00:13:44.140 - 00:13:45.940	E1: Il était où, "milieu"?
00:13:50.500 - 00:13:52.760	Opérateurs E1: Milieu: segment/vecteur
00:13:52.760 - 00:13:56.140	E2: Voilà! Ensuite on fait une droite, normal.
00:13:57.800 - 00:14:01.580	Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:14:02.460 - 00:14:05.320	E2: Après t'as plus qu'à faire un point là...
00:14:10.800 - 00:14:14.520	E1: Voilà, et maintenant il n'y a plus qu'à relier le point.
00:14:15.060 - 00:14:18.120	E2: Non, tu prends l'outil point et tu le mets à l'intersection!
00:14:18.580 - 00:14:20.480	E1: Le petit point? Quel petit point?
00:14:20.120 - 00:14:24.560	E2: l'outil point, regarde, juste à côté de... là, c'est l'outil point, et tu le mets à l'intersection!
00:14:20.120 - 00:14:24.560	Opérateurs E2: Point: intersection
00:14:24.240 - 00:14:30.880	E1: Ah oui, c'est ça que je voulais faire, oui! Je vais mettre... Je vais mettre un segment.
00:14:30.940 - 00:14:36.100	E2: C'est bon, il n'y en a pas besoin! Il a compris le prof, de toute façon! Et puis de toute façon il nous entend!
00:14:33.400 - 00:14:36.140	Actions E1: Trace une droite pour matérialiser l'arête du tétraèdre manquant Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:14:37.640 - 00:14:40.100	E2: Parce que là on est en train de faire une autre... On est en train de faire l'autre technique en plus!
00:14:37.780 - 00:14:39.340	Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:14:49.900 - 00:14:52.640	Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:52.880 - 00:14:58.940	Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:14:52.880 - 00:14:58.940	E2: Mais les traits que t'as rajouté, là, je trouve qu'ils sont inutiles!
00:15:00.860 - 00:15:05.400	E1: Mouais... Voilà, c'est fait...
00:15:16.980 - 00:15:22.460	E2: Bon alors, méthode 3... Ah ouais, mais là pour expliquer tu nous casse les pieds, là...
00:15:22.960 - 00:15:39.340	E1: Monsieur? On a un truc, je sais pas c'est inexplicable, on arrive à le faire, mais après pour expliquer que là on a pris... on a tracé une droite, on a pris le milieu, on l'a fait passer par là, ensuite on a utilisé le centre du cube en reliant des arêtes opposées, ça fait une droite comme ça...
00:15:39.540 - 00:15:48.960	Enseignant(e): Alors, ce que vous pouvez utiliser, là [sur l'énoncé] on le voit pas forcément très bien mais j'ai fait exprès de donner des noms aux points, donc si jamais vous avez besoin de dire "j'ai utilisé telle droite", vous pouvez utiliser ça.
00:15:54.380 - 00:15:56.540	E2: Ouais, donc on dit "passer par la droite"...
00:15:56.580 - 00:16:10.460	Enseignant(e): Ouais, si jamais ça peut vous aider. Et puis vous pouvez très bien dire que le milieu du cube c'est, on l'appelle "machin" et puis... des fois c'est plus facile pour rédiger, mais effectivement c'est vrai que c'est pas facile à expliquer, mais moi j'en ai besoin.
00:16:16.060 - 00:16:23.160	E2: Regarde, je vais faire un truc, ensuite ce sera plus simple: sélectionner les points pour les nommer!
00:16:40.400 - 00:16:43.120	E2: Euh, je peux supprimer les segments que t'as rajouté, là? Parce qu'on ne comprend rien.
00:16:43.080 - 00:16:48.720	E1: Attends, garde-les quand même, parce que je veux juste faire un truc à la fin. Parce que là faut mettre bien tous mes points et tout...
00:16:48.780 - 00:16:50.680	E2: Oui mais justement ils vont te troubler!
00:17:19.260 - 00:17:31.010	E2: Ben là c'est simple, on a fait un segment qui passe par là, on a pris le centre du cube, etc. Oui c'est vrai que ces droites là, là et là sont inutiles. [le prolongement des arêtes]
00:17:31.640 - 00:17:33.320	E2: [à un autre groupe] Et t'as fait des segments?
00:17:33.480 - 00:17:40.440	Généralités: non, même pas! J'ai fait deux, non trois droites, ensuite créer un point et j'ai fait un tétra...trèdre
00:17:40.600 - 00:17:41.120	E2: Aaah!
00:17:42.120 - 00:17:43.440	Généralités: C'est plus simple en fait.
00:17:44.000 - 00:17:52.800	E2: Mais en même temps t'as pas besoin de créer les tétraèdres pour avoir les points, l'intersection des points [plans] c'est déjà ça!
00:17:53.080 - 00:17:55.760	E2: Le but c'est d'avoir le point, pas de le reconstruire.
00:17:55.640 - 00:17:56.440	Généralités: Ouais...
00:18:07.480 - 00:18:08.680	Généralités: Fermeture de Cabri
00:18:37.200 - 00:18:42.480	Actions E2: Diagonale de la face supérieure Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:18:45.560 - 00:18:54.280	E1: Attends attends, viens comme ça, au moins ça nous fait tout recommencer, tu vois? Attends, fais pas trop vite!
00:18:48.720 - 00:19:03.640	Opérateurs E2: Milieu: deux points
00:18:54.200 - 00:18:55.680	E2: Non, mais c'est bon, il n'y a pas besoin de le faire...
00:18:55.920 - 00:19:00.920	E1: Non, mais on va tout décrire, comme ça ce sera... pour expliquer c'est plus simple, tu vois?
00:19:00.880 - 00:19:03.640	E2: Bah de toute façon... Attends, je place le milieu, et ensuite je commence à écrire.
00:19:03.880 - 00:19:05.720	E1: T'écrit? j'aime pas écrire...
00:19:07.160 - 00:19:08.800	E2: Ca j'avais compris...
00:19:14.440 - 00:19:18.360	E2: Nous avons pris le milieu du segment.
00:19:18.400 - 00:19:20.760	E1: On a pris le milieu du segment [GE]...



00:19:30.320 - 00:19:33.760	E1: Le milieu! T'as pas dit "le milieu", t'as marqué "on a pris le segment [GE]".
00:19:34.960 - 00:19:37.520	E2: Nous avons pris le... ok!
00:20:37.400 - 00:20:40.120	E2: puis nous avons tracé...
00:20:40.240 - 00:21:03.320	E1: ... la droite passant par... H et le milieu de ce dernier segment.
00:21:28.280 - 00:21:33.160	E2: Dans ce cas là on fait juste ce segment là, le centre et tac!
00:21:33.040 - 00:21:33.560	E1: Quoi?
00:21:33.680 - 00:21:37.600	E2: Ensuite on fait juste ce segment là, pareil [même procédure, sur une face latérale], le centre et hop, ce sera plus rapide!
00:21:38.960 - 00:21:44.240	E1: Ouais... Attends t'as dit quoi là? Tu veux faire quoi?
00:21:45.400 - 00:21:48.800	E2: Attends, on fait tout de suite, parce que tu m'expliqueras;
00:21:45.840 - 00:21:51.640	Actions E2: grande diagonale Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:21:50.040 - 00:21:54.880	Généralités: Ajustement: milieu plus efficace que l'intersection des grandes diagonales.
00:21:50.040 - 00:21:54.880	E2: Ensuite on fait e segment... hop, ce sommet [grande diagonale]
00:21:54.600 - 00:21:56.040	E1: tu prends le milieu, là?
00:21:54.640 - 00:21:58.800	Opérateurs E2: Milieu: segment/vecteur
00:21:55.800 - 00:21:56.600	E2: Ouais, voilà, ce sera plus simple!
00:21:59.280 - 00:22:03.200	E2: "Milieu de ce segment"... C'est pas visible mais c'est fait.
00:22:03.200 - 00:22:08.120	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:22:08.160 - 00:22:14.320	E2: Donc... puis nous avons pris le milieu... ben selon la même truc, mais...
00:22:14.320 - 00:22:17.360	E1: On aurait pas pu prendre le milieu de ça et de...
00:22:16.480 - 00:22:18.600	E2: Oui mais là c'est encore perdre du temps...
00:22:19.240 - 00:22:23.880	E2: Parce qu'il faut prendre le milieu de ce segment, ensuite prendre ce segment, prendre son milieu...
00:22:23.560 - 00:22:27.080	E1: Mais non le milieu il est déjà... Il est déjà tracé, là... tu vois pas la petite truc, là?
00:22:28.200 - 00:22:30.880	E2: Enfin même, là on a directement le milieu du cube.
00:22:31.790 - 00:22:33.180	E2: Enfin bon c'est pas grave.
00:22:34.530 - 00:22:40.814	E2: Puis nous avons pris... le milieu... du segment?
00:22:40.788 - 00:22:42.075	E1: Du segment [DE]
00:22:51.625 - 00:22:53.913	E2: Après j'ai vu une façon beaucoup plus simple!
00:22:55.200 - 00:22:57.059	E2: Symétrie par ce point: hop, fini!
00:23:00.751 - 00:23:07.719	E2: Puis nous avons pris le milieu du segment [DE], et...
00:23:07.706 - 00:23:10.865	E1: On a relié le point... C...
00:23:11.177 - 00:23:13.465	E2: Puis nous avons tracé la droite passant par
00:23:13.998 - 00:23:15.038	E1: passant par C
00:23:15.038 - 00:23:16.156	E2: Et le segment...
00:23:16.377 - 00:23:17.625	E1: Et le milieu...
00:23:17.274 - 00:23:18.938	E2: et le milieu du segment précédent.
00:24:21.169 - 00:24:24.120	E2: Donc l'intersection de ces deux droites donne le point. Ca te va?
00:24:25.303 - 00:24:26.109	E1: Ouais.
00:24:27.830 - 00:24:32.198	Actions E2: Construit la grande diagonale passant par F Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:24:35.443 - 00:24:38.199	E2: Hop! C'est quand même plus lisible que notre ancienne version!
00:24:37.957 - 00:24:45.874	Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:24:45.055 - 00:24:47.109	E2: C'est bon...
00:25:17.178 - 00:25:39.811	Actions E1: place la grande diagonale dans un plan orthogonal au plan frontal Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:25:23.366 - 00:25:24.757	E1: regarde, regarde!
00:25:26.954 - 00:25:28.761	E2: Ah ouais je vois ce que tu veux faire.
00:25:37.692 - 00:25:39.811	E1: si on avait un truc 3D on verrait la barre, là, comme ça...
00:26:48.061 - 00:26:49.075	Généralités: Réinitialisation
00:26:49.101 - 00:26:51.649	E1: Tu fais quoi? Tu refais le truc par symétrie, là?
00:26:51.701 - 00:26:52.910	E2: ouais, le truc par symétrie.
00:26:52.910 - 00:26:54.704	E1: Il faut des [??] plus grosses!
00:26:54.691 - 00:26:55.718	E2: ouais, c'est *beaucoup* plus court!
00:26:59.839 - 00:27:01.412	E2: Euh, attends... Ah oui, ça va être supra court, même!
00:27:14.022 - 00:27:17.558	Actions E2: construit une grande diagonale Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:27:19.963 - 00:27:22.654	E2: Après on pourra même s'amuser avec les vecteurs!
00:27:20.730 - 00:27:24.136	Actions E2: Milieu du segment Opérateurs E2: Milieu: segment/vecteur
00:27:22.693 - 00:27:23.629	E1: Avec les quoi?
00:27:23.642 - 00:27:25.293	E2: Avec les vecteurs, pendant qu'on y est!
00:27:25.488 - 00:27:27.789	E1: Pourquoi? Pourquoi les vecteurs?
00:27:27.789 - 00:27:32.482	E2: Parce que tu fais un vecteur de déplacement du point de façon à ce que... [rires]
00:27:32.443 - 00:27:33.418	E1: si tu veux...
00:27:35.238 - 00:27:44.182	Opérateurs E2: Symétrie centrale
00:27:46.431 - 00:27:48.303	E2: C'est tout simple...
00:27:58.313 - 00:28:04.514	E2: [rédige] La symétrie du sommet opposé par rapport au centre du cube.
00:28:15.746 - 00:28:24.417	E2: Tu vois, tu fais le déplacement par le vecteur machin et... ça fait un truc bizarre, ce qui donne le point au final!
00:28:50.194 - 00:29:02.214	E2: On pourrait s'amuser à faire le symétrique de ça, par rapport à la droite qui passe...
00:29:08.224 - 00:29:16.674	Actions E2: Symétrie centrale: essais
00:29:13.754 - 00:29:17.754	E2: Symétrie de ça par rapport à...
00:29:35.894 - 00:29:38.914	E2: Non mais ce serait par rapport à la face!
00:29:40.354 - 00:29:46.364	E2: Symétrie... axiale... par...
00:29:45.304 - 00:29:47.384	Actions E2: Explore le menu "transformations"
00:29:46.524 - 00:29:48.884	E1: Axiale! Axiale, fais axiale!
00:29:52.694 - 00:29:54.264	E1: Essaie par rapport à l'arête!
00:29:53.694 - 00:29:58.274	Actions E2: Symétrie du cube par rapport à [AF] Opérateurs E2: Symétrie axiale
00:29:54.664 - 00:29:55.904	E2: Quelle arête?
00:29:56.034 - 00:29:57.654	E1: Celle là! ([AF])
00:30:03.685 - 00:30:08.469	Actions E2: droite passant par H et son symétrique Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:30:04.218 - 00:30:07.897	E2: Puis ensuite tu fais ça, et ça...
00:30:09.080 - 00:30:12.902	E1: Et ça, et ça...
00:30:09.106 - 00:30:11.654	Actions E1: droite par G et son symétrique Opérateurs E1: Droite: par deux points
00:30:13.240 - 00:30:15.073	E2: Ca suffit!
00:30:17.517 - 00:30:19.233	Opérateurs E1: Point: intersection
00:30:20.130 - 00:30:22.366	E2: Par contre après pour expliquer ça...
00:30:26.942 - 00:30:29.230	E2: Faire la symétrie par rapport au...
00:30:29.230 - 00:30:30.777	E1: Symétrie axiale par rapport au...
00:30:30.803 - 00:30:34.703	E2: Symétrie axiale de la figure...
00:30:34.417 - 00:30:35.834	E1: F3
00:30:49.328 - 00:30:57.323	E2: Symétrie axiale de la figure par rapport...
00:31:01.457 - 00:31:03.199	E1: [F3A]
00:31:32.111 - 00:31:35.192	E2: Et les droites, donc... (HH')
00:31:37.246 - 00:31:39.274	E2: (HH') et (EE')
00:31:59.476 - 00:32:07.328	E2: L'intersection de ces droites forme le point demandé.
00:32:33.614 - 00:32:36.656	E1: Y a même des méthodes numériques!
00:32:36.734 - 00:32:37.449	E2: C'est-à-dire?
00:32:37.579 - 00:32:43.923	E1: Genre tu prends le... Tu vois ce que je veux dire? genre ça, ça...
00:32:44.339 - 00:32:47.589	E2: Non mais le but c'est pas les histoires numériques, pour nous...
00:32:58.613 - 00:33:05.230	E1: Eh je suis sûr que c'est une bissectrice! Ca passe par un point, ça passe par là, là...
00:33:14.902 - 00:33:18.581	E2: Ah oui j'ai compris, c'est le truc qui passe par le centre du segment et le point opposé?
00:33:18.568 - 00:33:25.640	E1: Non, c'est pas bissectrice! C'est... Ouais, si, c'est bissectrice! Bissectrice... Tac, ça passe par... non, c'est pas bissectrice?

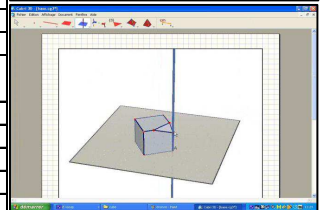
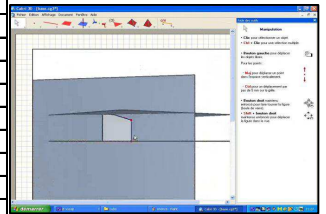
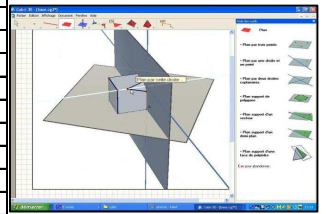
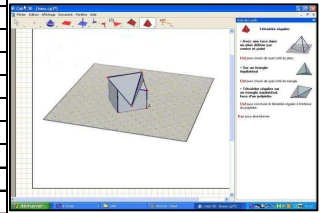
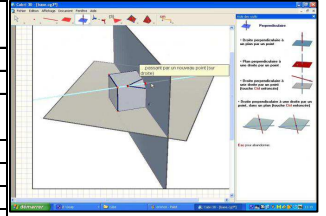


00:33:25.965 - 00:33:29.631	E2: De toute façon ça sert à rien! Parce que le point qu'on cherche à avoir est au dessus...
00:33:29.644 - 00:33:40.720	E1: Ouais, mais si! Tu fais ça, puis tu fais le centre de... le centre de gravité, et après tu relies ça, ce sommet là, à celui-là.
00:33:29.644 - 00:33:40.720	Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:33:43.008 - 00:33:46.401	E2: Donc, on fait... Si j'ai bien compris, on fait: le milieu de ce segment là.
00:33:43.008 - 00:33:46.401	Actions E2: milieu de [F1F3] Opérateurs E2: Milieu: segment/vecteur
00:33:46.401 - 00:33:47.441	E1: Ouais, vas-y!
00:33:50.249 - 00:33:52.654	E1: Bah fais déjà tous les milieux, et après on les reliera!
00:33:54.019 - 00:33:55.163	Actions E2: Droite par ce point et F2 Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:33:55.735 - 00:33:56.866	E2: Hop, comme ça?
00:33:57.022 - 00:33:57.750	Opérateurs E2: Milieu: segment/vecteur
00:33:57.633 - 00:34:00.012	E1: Bah fais des segments, ce sera plus simple!
00:33:57.854 - 00:33:58.777	Opérateurs E2: Milieu: segment/vecteur
00:34:05.355 - 00:34:07.305	Actions E2: Supprime la droite
00:34:09.866 - 00:34:11.907	Actions E2: Construit les trois médianes Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:34:12.219 - 00:34:15.079	Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:34:16.132 - 00:34:17.926	Opérateurs E2: Segment: à partir de deux points
00:34:18.225 - 00:34:19.473	E2: Comme ça?
00:34:23.243 - 00:34:24.192	Opérateurs E2: Point: intersection
00:34:25.141 - 00:34:29.847	E2: Ensuite là, et on fait la droite qui passe par le centre?
00:34:29.665 - 00:34:30.770	E1: Demi-droite, plutôt.
00:34:32.161 - 00:34:39.220	Opérateurs E2: Demi-droite: par deux points
00:34:43.302 - 00:34:47.384	E2: Ah oui, et maintenant on fait quoi? On fait ce qu'on avait fait dans les autres techniques.
00:34:47.150 - 00:34:59.812	Actions E2: essaie de construire une seconde droite pour obtenir le sommet par intersection: échec
00:34:47.865 - 00:34:54.690	E1: Non, on fait ça... passant par ce point, et étant parallèle à... tu vois ce que je veux dire?
00:34:54.716 - 00:34:58.551	E2: Oui, comme ça! Passant sur le... ben sur le centre...
00:34:58.408 - 00:34:59.136	E1: Voilà!
00:34:59.110 - 00:35:00.748	E2: Attends, est-ce que sur le centre, ça marche?
00:35:00.072 - 00:35:00.982	Opérateurs E2: Droite: par deux points
00:35:02.906 - 00:35:04.869	E2: Sur ce point, est-ce que ça passe?
00:35:02.906 - 00:35:20.495	Actions E2: Les droites construites ne sont pas sécantes Opérateurs E2: Manipulation: changement de point de vue
00:35:06.403 - 00:35:08.028	E2: non...
00:35:08.067 - 00:35:09.471	E1: Si, si!
00:35:09.783 - 00:35:11.356	E2: On n'a pas de point!
00:35:11.850 - 00:35:14.736	E2: On n'a pas de point qui soit valable!
00:35:19.052 - 00:35:20.495	E2: Tu vois, y a pas... c'est pas le bon point!
00:35:20.360 - 00:35:20.760	E1: Si...
00:35:20.800 - 00:35:23.120	E2: Regarde par au dessus!
00:35:23.100 - 00:35:24.580	E1: C'est un effet d'optique!
00:35:27.180 - 00:35:35.560	E2: C'est... Le triangle il est pas... c'est pas un triangle équilatéral, et forcément le point il est pas...
00:35:35.300 - 00:35:38.880	E1: Non, c'est pas... C'est juste que la droite elle ne passe pas par le bon...
00:35:42.320 - 00:35:44.060	E1: C'est cette droite qui est mauvaise!
00:35:44.420 - 00:35:48.840	E1: Maintenant faut trouver comment...
00:35:49.740 - 00:35:53.880	E2: Sinon comme ça tout simplement, mais ça on l'a déjà fait, donc...
00:35:53.540 - 00:36:00.020	Opérateurs E1: Manipulation: changement de point de vue
00:35:53.800 - 00:35:56.100	E1: Même... Même celle-là [la droite passant par C et le centre de gravité du triangle d'intersection] elle est pas bonne, je crois!
00:35:58.100 - 00:35:59.980	E1: Ah si, elle est bonne!
00:36:01.700 - 00:36:04.000	E1: Ah je sais comment, je sais comment!
00:36:13.480 - 00:36:22.480	E2: Ah je sais! On s'est trompé c'est pas les médianes qu'il faut faire, c'est les hauteurs!
00:36:26.860 - 00:36:28.940	Généralités: Réinitialise
00:36:47.060 - 00:36:53.180	Actions E2: Tente de construire une hauteur à l'aide de l'outil "perpendiculaire"
00:36:47.240 - 00:36:52.280	E2: Droite perpendiculaire à cette arête...
00:36:52.420 - 00:36:54.520	E1: Ca fait un plan!
00:36:55.940 - 00:37:12.480	Généralités: Problèmes sur l'utilisation des outils
00:37:41.840 - 00:37:43.740	E1: Monsieur?
00:37:45.000 - 00:37:52.940	E1: Là on essaie de prendre l'outil "perpendiculaire", mais... c'est que des plans!
00:37:53.180 - 00:38:33.020	Enseignant(e): C'est juste que... [affiche l'aide] là vous pouvez faire la perpendiculaire à une droite, par une autre droite, mais vous avez besoin d'utiliser la touche "contrôle". Par contre, avant de continuer, je vais vous demander de passer à la figure 3. C'est la même chose, mais vous avez des outils qui ont disparu.
00:38:34.260 - 00:38:37.000	E2: Mais ils sont toujours là...
00:38:54.730 - 00:38:56.750	Généralités: Recherche des différences
00:42:57.300 - 00:42:58.600	Généralités: essais avec l'outil "vecteur"
00:43:00.390 - 00:43:02.960	E1: Ah ouais, en plus y a pas les points [les outils]!
00:43:08.391 - 00:43:10.159	E2: Il faut que tu l'associes...
00:43:10.172 - 00:43:11.368	E1: Ah ouais! Comment on fait pour l'associer?
00:43:11.381 - 00:43:12.369	E2: J'en sais rien.
00:43:23.016 - 00:43:31.089	Actions E1: Tentative de créer un vecteur adéquat

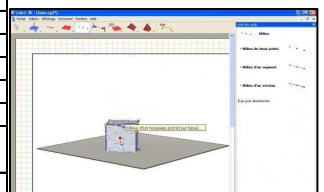
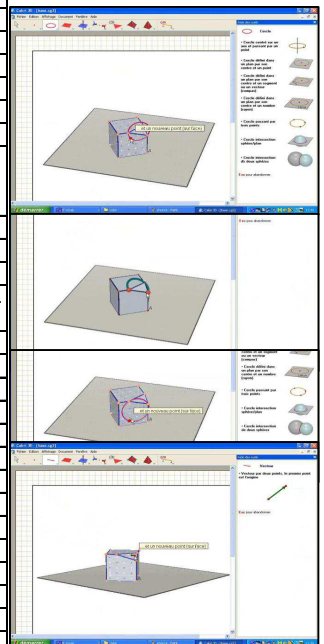
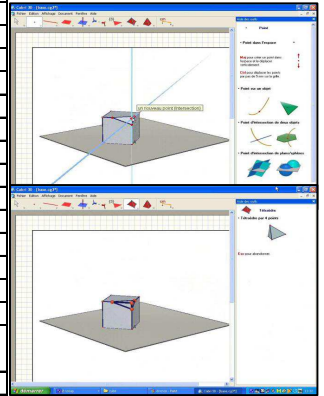


Reconstruction d'un sommet du cube: huitième groupe

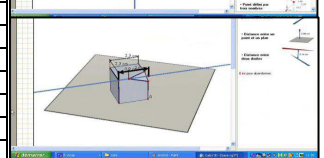
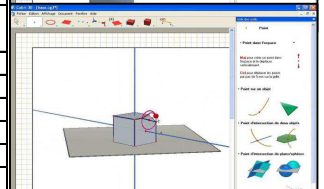
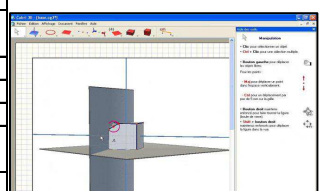
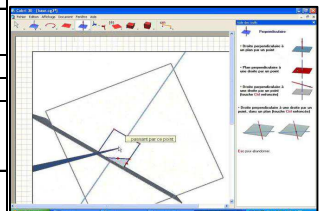
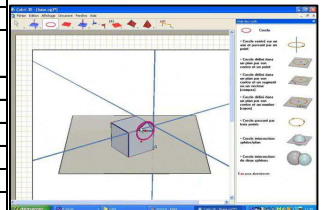
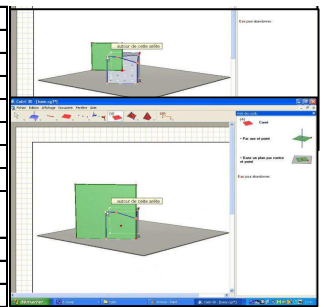
Temps	
00:08:19.840 - 00:08:23.120	E1: Euh ben moi je propose qu'on continue tous les plans...
00:08:30.920 - 00:08:33.520	E1: Monsieur, comment on...
00:08:33.640 - 00:08:39.240	E2: On fait deux droites perpendiculaires... Je sais, je sais!
00:08:38.680 - 00:08:42.200	E1: Comment on fait des droites passant par les deux points, là?
00:09:09.440 - 00:09:12.680	E1: Moi je propose qu'on fasse un prisme!
00:09:12.840 - 00:09:15.680	E2: Mais regarde, c'est trop facile! Tu prends une droite...
00:09:15.200 - 00:09:17.000	E1: Ou sinon on fait des plans!
00:09:17.080 - 00:09:20.840	Actions E2: (EF1) Outils E2: Droite: par deux points
00:09:17.320 - 00:09:33.960	E2: Une droite! De ce point à ce point, voilà, après tu prends "droite perpendiculaire"... à cette droite... Oh mince... [un plan s'affiche] Il fait un plan...
00:09:48.400 - 00:09:55.960	E1: Essaie, fais juste avec des plans! pour le premier. Vas-y, fais ce que tu veux faire!
00:09:56.160 - 00:10:05.640	E2: Ah mais je sais! Tu sais, on fait un plan sur le carré, quoi! Oh non, on est trop bêtes!
00:10:08.440 - 00:10:15.360	E1: Eh ben tu prends un plan, tu mets là, après tu mets comme ça, après tu mets comme ça! En fait, ou alors tu construis un triangle!
00:10:09.120 - 00:10:18.960	Actions E2: (ADE) Outils E2: Plan: par trois points
00:10:23.720 - 00:10:27.000	E1: En fait... [??]
00:10:27.240 - 00:10:29.360	E2: Non, on peut pas, on est trop bêtes!
00:10:29.800 - 00:10:32.440	Outils E2: Annule
00:10:55.560 - 00:10:58.680	E1: Un machin comme ça, un... une pyramide! Tétraèdre régulier, voilà!
00:11:01.040 - 00:11:14.760	Actions E2: Essaie de construire le tétraèdre: échec Outils E2: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:11:11.640 - 00:11:14.440	E2: Non c'est pas possible, là!
00:11:31.160 - 00:11:33.840	Outils E2: Annule
00:11:35.440 - 00:11:49.160	Actions E2: Essaie de construire le tétraèdre: échec Outils E2: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:11:55.560 - 00:11:58.020	E2: On est trop bêtes, regarde, faut le mettre là!
00:11:58.560 - 00:12:15.620	Actions E2: Essaie de nouveau de construire un tétraèdre régulier en sélectionnant le plan de base et un sommet. Outils E2: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:12:18.900 - 00:12:19.660	Outils E2: Annule
00:12:40.980 - 00:12:45.520	E2: Monsieur on fait des droites, mais... je crois pas qu'on puisse faire...
00:12:48.160 - 00:12:51.000	E2: Là on a essayé de faire des droites perpendiculaires.
00:12:48.840 - 00:12:50.920	Actions E2: (EF1) Outils E2: Droite: par deux points
00:12:54.120 - 00:12:57.140	Actions E2: (GF2) Outils E2: Droite: par deux points
00:13:00.580 - 00:13:03.220	Actions E2: (AF3) Outils E2: Droite: par deux points
00:13:03.760 - 00:13:04.860	E2: Là on a le point!
00:13:06.580 - 00:13:07.460	E1: Ah ben ouais!
00:13:08.560 - 00:13:09.980	Outils E2: Point: intersection
00:13:19.220 - 00:13:21.540	E2: Et voilà, ça c'est fait.
00:13:21.580 - 00:13:24.760	E1: Génial! Maintenant, bah viens, on construit des carrés!
00:13:29.760 - 00:13:40.420	Actions E2: Cherche à construire un triangle du tétraèdre manquant.
00:13:30.580 - 00:13:32.820	E2: Maintenant tu fais comme ça... tac.
00:13:33.100 - 00:13:35.160	E1: Mais, monsieur?
00:14:14.320 - 00:14:30.180	E1: On perd du temps! On construit un plan au pire! Regarde, un plan passant par ce sommet, ce sommet, et ce sommet! Et là on construit une droite comme ça [(EF1)] et du coup forcément on aura la droite, voilà!
00:14:14.540 - 00:14:21.520	Actions E1: (ABG) Outils E1: Plan: par trois points
00:14:26.140 - 00:14:28.340	Actions E1: Désigne (EF1) Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:14:33.900 - 00:14:41.020	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:41.280 - 00:14:43.280	E2: Ah ouais, et là c'est reconstruit.
00:14:45.000 - 00:15:01.080	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:58.140 - 00:15:02.840	E2: Non, regarde, là il manque celle-là et celle du dessus! [les faces du tétraèdre]
00:15:16.260 - 00:15:17.840	Généralités: Réinitialisent
00:15:18.700 - 00:15:23.520	E1: Regarde, tu peux faire... Ah oui, monsieur?
00:15:27.660 - 00:15:30.720	E1: Là, on a fait comme ça, parallèle... Non. [a perdu la figure construite]
00:15:37.520 - 00:15:42.540	E1: Bah, on a fait avec un plan en fait, on a construit un plan.
00:15:42.540 - 00:15:43.020	Enseignant(e): Ouais...
00:15:43.120 - 00:15:47.140	E1: On a construit un plan ici, et on a fait une droite comme ça, ben forcément il est construit.
00:15:47.320 - 00:15:55.200	Enseignant(e): Oui, par contre ce que je veux c'est que vous me les notiez au fur et à mesure.
00:15:55.480 - 00:15:56.280	E1: Merci.
00:15:56.360 - 00:16:03.080	Enseignant(e): Mais il y a des stratégies évidentes! Mais il y a plein de stratégies compliquées!
00:16:05.280 - 00:16:08.600	E2: Allez, tu marques celle avec les droites?
00:16:08.880 - 00:16:13.560	E1: Ok on construit... Bah déjà on fait A...
00:16:25.960 - 00:16:29.160	E2: La première stratégie ce sera...
00:16:29.320 - 00:16:32.720	E1: On construit les trois droites parallèles pour trouver le point?
00:16:32.680 - 00:16:37.760	Actions E2: (EGH) Outils E2: Plan: par trois points
00:16:39.400 - 00:16:49.480	Actions E2: (ADE) Outils E2: Plan: par trois points
00:16:50.320 - 00:17:22.200	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:16:52.880 - 00:17:02.400	Enseignant(e): Le plan... Là c'est reconstruit, l'autre côté. Non non, il manque juste un côté, en fait.
00:17:23.120 - 00:17:30.800	Actions E2: (ABG) Outils E2: Plan: par trois points
00:17:31.200 - 00:17:40.560	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:17:36.880 - 00:17:40.080	E1: Ben là au pire on fait des carrés!
00:17:40.200 - 00:17:44.520	E2: Là tu vois il est refait le cube, tu vois!
00:18:43.280 - 00:18:47.760	Généralités: Réinitialise
00:18:49.960 - 00:18:55.840	E2: Après on va faire avec un plan perpendiculaire...
00:18:55.840 - 00:19:02.640	E1: Non les plans on les a déjà utilisés! Moi je te propose de faire trois triangles.
00:18:59.560 - 00:19:01.720	Actions E2: (AF3) Outils E2: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:19:07.880 - 00:19:09.560	E1: Mais les plans on vient de les faire!
00:19:10.000 - 00:19:12.520	E2: Mais ça c'est un plan perpendiculaire!
00:19:17.120 - 00:19:18.280	E2: Ouais, tu voulais dire quoi?
00:19:18.480 - 00:19:21.280	E1: Sinon on fait avec, tu sais, trois triangles!
00:19:26.600 - 00:19:29.840	E2: Avec ça, là, tétraèdre machin?



00:19:31.520 - 00:19:49.080	Actions E2: Tente de construire le tétraèdre: sélection de F1, F2, F3, mais impossibilité de placer F. Outils E2: Tétraèdre
00:19:38.600 - 00:19:43.920	E1: Voilà! Et comme ça on met...
00:19:56.080 - 00:19:58.360	E1: Montre un autre point de vue!
00:20:02.680 - 00:20:11.760	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:20:04.760 - 00:20:06.920	E1: Mets, qu'on voit de face!
00:20:10.440 - 00:20:16.000	E1: Là, voilà! Alors ce qu'on peut faire...
00:20:22.280 - 00:20:26.400	E2: Par quatre points, il me dit quatre points, là!
00:20:26.720 - 00:20:32.320	E1: Ben, 1-2-3, et après le quatrième on le définit pas avec le...
00:20:35.360 - 00:20:47.720	E1: Ah mais non, faut qu'on construise le point avec les perpendiculaires, là! Fais annuler, et construis les points avec les perpendiculaires.
00:20:48.480 - 00:20:49.360	E2: Et ce sommet!
00:20:49.760 - 00:20:51.440	E1: Mais non, ça fait un truc tout plat, là!
00:20:51.480 - 00:20:53.520	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:20:56.280 - 00:21:02.480	E1: Mets les droites perpendiculaires, tu sais comme t'avais fait pour trouver le point, là.
00:21:03.960 - 00:21:11.520	Actions E2: (AF3) Outils E2: Droite: par deux points
00:21:09.560 - 00:21:12.720	E1: Elles sont chacune perpendiculaires.
00:21:12.760 - 00:21:16.480	Actions E2: (GF2) Outils E2: Droite: par deux points
00:21:17.520 - 00:21:20.120	Outils E2: Point: intersection
00:21:39.440 - 00:21:41.360	Actions E2: Cache la droite.
00:21:42.240 - 00:21:44.160	Actions E2: Cache la droite.
00:21:46.000 - 00:21:47.880	E2: Masquer, voilà!
00:21:49.200 - 00:21:49.960	E1: Qu'est ce que tu fais?
00:21:50.040 - 00:21:53.760	Outils E2: Tétraèdre
00:21:56.040 - 00:22:03.880	E1: Bien joué! Et, juste, les trois droites, elles sont chacune perpendiculaire à une arête, en fait.
00:22:04.200 - 00:22:22.400	E2: Non, elles sont chacune le... En fait, elles sont le complément des arêtes incomplètes.
00:22:25.160 - 00:22:39.240	E1: Ouais en fait ça a rallongé. La droite qui poursuivent... ouais voilà!
00:23:08.000 - 00:23:12.120	E2: Et un tétraèdre...
00:24:36.600 - 00:24:39.360	Généralités: Réinitialisent
00:24:51.920 - 00:24:57.000	E1: Maintenant faut qu'on trouve une autre méthode. Sinon on construit trois triangles. Trois triangles rectangles.
00:25:00.280 - 00:25:08.200	E2: Ah ouais! Mais y a pas les triangles! Y a que les triangles équilatéral.
00:25:12.400 - 00:25:20.800	E2: Monsieur? On peut pas construire des triangles rectangles, par hasard?
00:25:21.160 - 00:25:25.680	Enseignant(e): Pas automatiquement. Après vous pouvez trouver des moyens pour que...
00:25:24.920 - 00:25:26.520	E1: Avec des cercles!! On est bêtes...
00:25:27.360 - 00:25:29.080	E2: Mais on peut pas faire des cercles.
00:25:29.080 - 00:25:30.560	Enseignant(e): Ben si!
00:25:30.720 - 00:25:31.160	E2: Comment ça?
00:25:31.440 - 00:25:32.680	Enseignant(e): Sélectionne l'outil cercle
00:25:32.760 - 00:25:35.000	E2: Ah ok merci.
00:25:34.960 - 00:25:46.240	Actions E2: Tente de construire un cercle de diamètre [F3F1], échec.
00:26:02.080 - 00:26:06.880	E2: On peut essayer de faire un arc...
00:26:03.800 - 00:26:12.680	Actions E2: F1F2F3 Outils E2: Arc de cercle
00:26:13.640 - 00:26:15.680	Outils E2: Annule
00:26:15.960 - 00:26:37.600	E1: Non mais parce que dans un triangle... Tu sais, t'as ton triangle rectangle... Et ça c'est le diamètre du cercle circonscrit. Donc regarde, le cercle il faut le faire comme ça! Parce que le sommet il est censé être ici, donc le cercle il doit passer par là et là, et le centre ici.
00:26:33.880 - 00:26:57.480	Actions E2: Tente de construire un cercle dont [F1F3] soit le diamètre.
00:26:38.520 - 00:26:41.840	E2: Le cercle il doit passer par là et là.
00:26:41.960 - 00:26:44.000	E1: Ouais. Et le centre, et voilà.
00:26:58.720 - 00:27:17.880	E1: Mets-le d'une autre vue, là, parce qu'on voit rien! Voilà... vers le haut! Un peu plus vers le haut, parce que tu sais.. Non non. tu sais, où on voit que le machin, comme si c'était un carré!
00:26:58.720 - 00:27:17.880	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:27:18.280 - 00:27:19.440	E2: Vas-y, fais-le.
00:27:52.880 - 00:27:55.120	E2: Par des vecteurs?? [entend un autre groupe]
00:27:56.800 - 00:27:57.640	E1: Ouais!
00:27:59.720 - 00:28:04.840	E1: Quoique non, parce que les vecteurs ça va pas remplir la base...
00:28:03.480 - 00:28:21.600	Actions E1: Cherche à construire un vecteur de E à F: ne parvient pas à placer F
00:28:22.120 - 00:28:37.160	Actions E1: Idem. Outils E1: Vecteur: par deux points
00:28:40.480 - 00:28:43.720	Outils E1: Annule
00:28:49.040 - 00:28:53.680	E2: regarde un peu tout [tous les outils], comme ça on voit...
00:28:58.280 - 00:29:04.640	E1: Ou sinon on construit tous les carrés. On fait le même carré.
00:29:08.760 - 00:29:10.000	E1: Machin. Carré.
00:29:14.240 - 00:29:19.240	E1: Centré c'est ça? Genre tu le mets là, ça fait le centre là.
00:29:14.240 - 00:29:19.240	Actions E1: Commence à construire un carré, abandonne avant de placer le centre.
00:29:19.280 - 00:29:21.160	E2: Mais, je sais pas moi, le milieu.
00:29:21.760 - 00:29:23.080	E1: C'est où milieu?
00:29:23.840 - 00:29:31.400	E2: Mais non on est nulles, regarde, vas sur le point! Là, descend sur la flèche.
00:29:31.280 - 00:29:41.480	Actions E1: Tente le construire le point d'intersection des deux arêtes tronquées.
00:29:33.560 - 00:29:38.480	E1: Point d'intersection de cette arête...
00:29:42.640 - 00:29:49.840	E1: Non, laisse tomber. C'est pas possible vu qu'elles sont pas continues.
00:29:50.440 - 00:29:52.000	E2: Ah ben ouais, vu qu'elles se touchent pas...
00:30:03.080 - 00:30:07.560	E1: C'est où le machin milieu, là?
00:30:03.120 - 00:30:10.320	Actions E1: cherche dans les instruments de mesure
00:30:19.240 - 00:30:21.520	E2: Je sais! Donne!
00:30:28.800 - 00:30:31.480	E1: Voilà, milieu!
00:30:31.600 - 00:30:38.160	Actions E1: Cherche à placer perceptivement le milieu. Outils E1: Milieu: deux points
00:30:39.120 - 00:30:40.520	Outils E1: Annule
00:30:41.520 - 00:30:46.680	Actions E1: de [AE] Outils E1: Milieu: deux points
00:30:45.520 - 00:30:51.440	E2: Ben alors milieu, tu peux faire milieu de... ce sommet à ce sommet, et là ça te fait milieu du carré, quoi.
00:30:51.400 - 00:30:53.000	E1: Ca y est, oui.
00:30:51.440 - 00:31:02.520	Actions E1: Commence par sélectionner le centre avec l'outil carré: problème de construction. Outils E1: polygone régulier: axe, point
00:30:54.160 - 00:31:00.600	E1: Voilà, ça c'est fait... Carré...



00:31:02.440 - 00:31:04.040	E1: Pourquoi ça me fait ça?
00:31:14.480 - 00:31:20.520	E2: Je sais pourquoi! Edition-annuler. Tu commences par ce point [le centre]
00:31:23.680 - 00:31:26.800	E1: Ca marche pas, là...
00:31:38.440 - 00:31:42.320	E2: Mais tu vois, on devrait faire ça! Ca nous fait un plan, en fait, si tu veux... C'est la même chose!
00:31:42.680 - 00:31:46.160	E1: Ouais sauf que c'est avec des carrés, quoi.
00:32:49.040 - 00:32:50.840	Actions E1: [F2F3] Outils E1: Milieu: deux points
00:32:51.440 - 00:32:53.240	Actions E1: [F1F2] Outils E1: Milieu: deux points
00:32:54.000 - 00:32:55.800	Actions E1: [F1F3] Outils E1: Milieu: deux points
00:32:56.760 - 00:33:12.080	Actions E1: Nouvelle tentative de construire un cercle de diamètre [F3F2] en sélectionnant son centre: échec.
00:33:18.840 - 00:33:22.000	E2: non non, c'est pas sensé passer par le milieu quand même.
00:34:10.560 - 00:34:13.320	Actions E1: (GF2) Outils E1: Droite: par deux points
00:34:13.520 - 00:34:14.880	E2: Non non non!
00:34:14.960 - 00:34:16.240	Actions E1: (AF3) Outils E1: Droite: par deux points
00:34:16.440 - 00:34:18.200	E1: Attends, nouvelle droite.
00:34:18.360 - 00:34:25.720	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:34:20.600 - 00:34:23.840	E1: Ouais mais comme ça on a juste le point, quoi!
00:34:26.000 - 00:34:28.000	Actions E1: (EF1) Outils E1: Droite: par deux points
00:34:31.080 - 00:34:36.520	E1: Voilà, après tu fais le cercle...
00:34:40.320 - 00:34:44.480	E1: T'as un cercle qui passe par ce point, ce point et ce point.
00:34:40.320 - 00:34:44.480	Actions E1: F1F3F Outils E1: Cercle: par trois points
00:34:52.240 - 00:35:02.600	E2: Ca sert trop à rien ce qu'on fait! Parce que si tu veux, avec le cercle on veut reconstruire ce point, tu vois, et comme tu l'as déjà ben ça sert à rien de le reconstruire!
00:35:03.000 - 00:35:05.280	E1: J'avoue...
00:35:08.080 - 00:35:15.600	E2: En fait ça serait cool qu'on puisse faire un demi-cercle par deux points, tu vois?
00:35:16.120 - 00:35:25.480	E1: Là et là? Ah ben ouais... Ca je les supprime, là?
00:35:26.200 - 00:35:27.040	E2: Ouais.
00:35:41.160 - 00:35:44.640	Généralités: Réinitialise.
00:35:50.440 - 00:35:55.880	E2: Maintenant le machin par deux!
00:35:56.240 - 00:36:13.080	E1: Mais je peux pas je te dis! "cercle centré sur un axe". Oooh! Un axe!? En fait faudrait faire le centre de ce point... de ce triangle, alors je sais pas Alors je sais pas comment...
00:36:43.280 - 00:36:47.600	E1: Là y a pas écrit demi-cercle...
00:36:49.240 - 00:36:51.520	E2: Ben, arc, mais faut que t'aies trois points!
00:36:51.400 - 00:36:52.320	E1: ah ben voilà!
00:36:52.400 - 00:36:52.760	E2: Faut que t'aies trois points!
00:36:54.000 - 00:37:08.320	E1: Ouais, passant par ce point, et là le point... Ouais, non, et puis ça comme ça...
00:37:46.280 - 00:37:49.360	E1: Il faut construire le point. De toute façon on est censées construire le points, là.
00:37:49.520 - 00:37:53.400	E2: On peut le faire à partir des longueurs de ça...
00:38:14.880 - 00:38:17.640	E1: On piétine.
00:38:55.080 - 00:38:56.040	Actions E1: (ADE) Outils E1: Plan: par trois points
00:38:56.760 - 00:39:08.240	Actions E1: Perpendiculaire à (ADE) en le centre de cette face Outils E1: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:39:08.360 - 00:39:10.040	E1: Voilà, alors là...
00:39:10.480 - 00:39:15.760	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:39:24.200 - 00:39:28.000	Actions E1: Perpendiculaire à (EGH), par le centre de la face inférieure. Outils E1: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:39:29.120 - 00:39:36.800	E1: Voilà. Alors après on peut faire un cube...
00:39:36.960 - 00:39:46.520	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:40:07.560 - 00:40:35.640	E1: Et, monsieur, je comprends pas comment on fait pour construire un triangle rectangle. Parce qu'on a essayé de faire avec les cercles et tout, là, mais il faut trois points et... Ouais, déjà on a construit le point du sommet, après on a fait le cercle, mais après ça sert à rien vu qu'on a déjà le sommet.
00:40:35.920 - 00:40:50.760	Enseignant(e): C'est juste que le cercle... Un triangle rectangle, vous pouvez le construire de plein de façons! Vous pouvez construire, par exemple... le cercle dans ce plan... Là c'est le milieu? [milieu de [F2F3]
00:40:50.920 - 00:40:51.840	E1: Oui.
00:40:51.960 - 00:41:02.480	Enseignant(e): [construit le cercle de diamètre [F2F3] Dans ce plan, le cercle qui passe par ici et par là... Vous êtes d'accord que n'importe quel point que je mets sur ce cercle, il est dans le plan?
00:41:03.640 - 00:41:06.000	E1: D'accord! On continue la droite là...
00:41:06.160 - 00:41:10.440	Enseignant(e): Ensuite... [cercle de diapètre [F1F3]]
00:41:10.720 - 00:41:15.480	E1: Ouais, en fait on n'arrivait pas à faire le cercle, justement. On bloquait sur...
00:41:15.640 - 00:41:22.800	Enseignant(e): Et donc là vous allez avoir l'intersection des deux cercles, et forcément si il est rectangle de ce côté là, et rectangle de l'autre côté, c'est ça que je veux! Donc là vous avez votre...
00:41:23.360 - 00:41:26.640	E1: Et pour construire après les faces, on fait comment?
00:41:30.360 - 00:41:45.040	Enseignant(e): [efface le plan supplémentaire] Là c'est juste là, vous avez le point d'intersection ici [construction] Après c'est facile, vous avez plus qu'à construire les triangles.
00:41:57.080 - 00:41:58.000	E1: Merci!
00:41:58.080 - 00:42:00.760	Enseignant(e): Mais à la limite les faces c'est pas forcément obligé...
00:43:20.400 - 00:43:23.520	Généralités: Réinitialise
00:43:23.880 - 00:43:25.320	E2: J'ai repris un nouveau.
00:43:39.040 - 00:43:44.400	Actions E2: EH Outils E2: Distance: deux points
00:43:45.280 - 00:43:51.480	Actions E2: GH Outils E2: Distance: deux points
00:43:52.120 - 00:44:02.640	E2: 2.5cm et 2.5cm Donc du coup on a formulé un truc...
00:44:02.720 - 00:44:04.000	Actions E2: (EF1) Outils E2: Droite: par deux points
00:44:12.040 - 00:44:16.400	E2: 0.9, plus...
00:44:29.760 - 00:44:31.760	Outils E2: Point: sur objet
00:44:42.440 - 00:44:46.360	Outils E2: Distance: deux points
00:44:50.800 - 00:44:52.920	Outils E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:44:56.000 - 00:44:58.640	E2: regarde, j'ai trouvé!



Annexe D

Positions de deux droites dans l'espace

D.1 Énoncé

Binôme n°

Nom, Prénom

Nom, Prénom

Dans le dossier “énoncé” de votre professeur, vous trouverez des dossiers portant des numéros : copiez sur votre bureau celui qui porte le numéro de votre groupe (numéro de votre dictaphone). Vous trouverez des figures Cabri3D préconstruite, numérotées de 1_1 à 3_7, qu'il va vous falloir étudier.

Chaque fichier vous présente une configuration, avec deux droites construites. Vous devez déterminer, pour les deux premiers groupes de figures seulement, les cas où les droites proposées sont sécantes. Vous donnerez une brève justification de vos réponses sur cet énoncé.

Votre professeur vous indiquera l'énoncé pour le dernier groupe de figures.

Figure 1_1 : oui non

...

Figure 2_8 : oui non

D.2 Configurations

D.2.1 Premier groupe

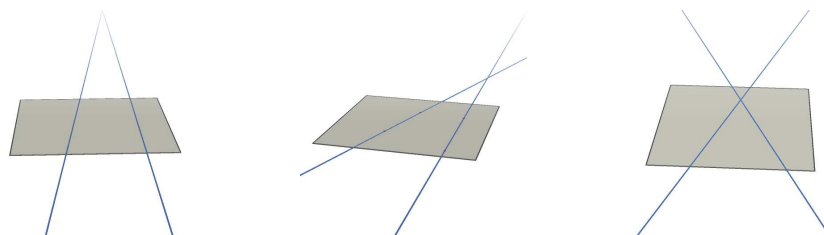


FIGURE D.1 – Configurations 1 à 3

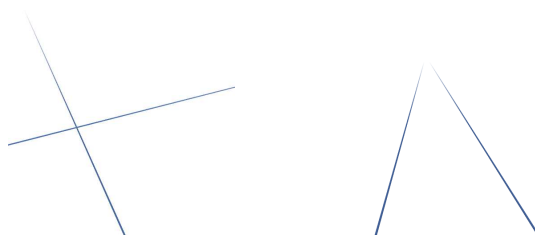


FIGURE D.2 – Configurations 4 et 5

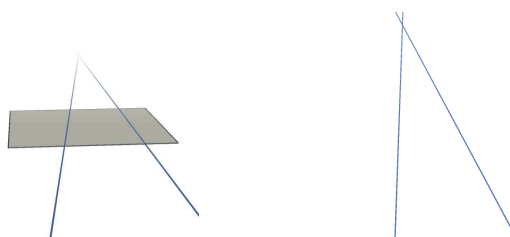


FIGURE D.3 – Configurations 6 et 7

D.2.2 Second groupe

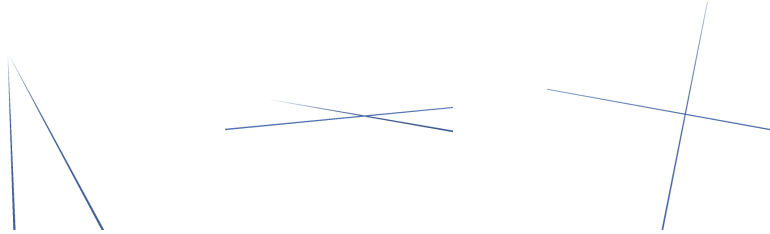


FIGURE D.4 – Configurations 1 à 3

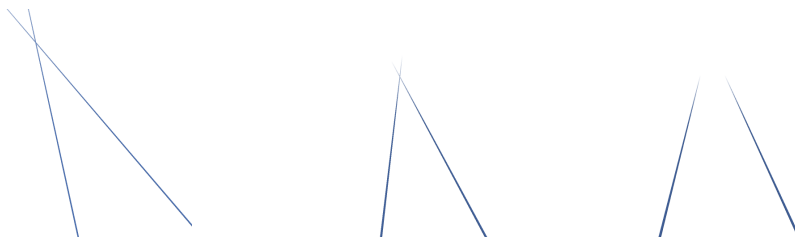


FIGURE D.5 – Configurations 4 à 6

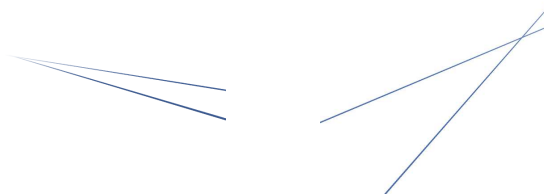


FIGURE D.6 – Configurations 7 et 8

D.2.3 Troisième groupe



FIGURE D.7 – Configurations 1 à 3



FIGURE D.8 – Configurations 4 et 5

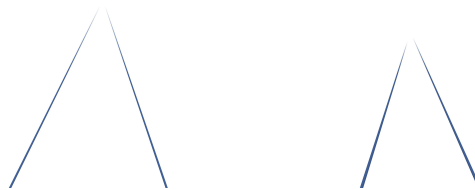


FIGURE D.9 – Configurations 6 et 7

D.3 Étude des procédures

S_1

ρ_1 Cette stratégie donne lieu à une seule procédure : l'opérateur de changement de point de vue (r^6) permet au constat perceptif (σ^5 et σ^7) de s'exercer, et d'assurer l'intersection ou l'absence d'intersection. L'enjeu comme le déroulement effectif de cette résolution relèvent de la visualisation iconique.

S_2

ρ_2 La procédure découlant de cette stratégie permet de vérifier l'existence d'un point d'intersection par construction : r^{15} , r^{16} ou r^{17} permettent la construction tandis que l'observation du point construit permet à au constat visuel (σ^5) de s'exercer. Notons que cela ne permet pas d'interpréter l'impossibilité de construction, qui relèvera d'un autre problème.

ρ_3 Une seconde procédure plus économe peut émerger de la précédente au cours de laquelle il apparaît que la construction directe du point d'intersection est possible si et seulement si les deux droites peuvent être affichées simultanément en surbrillance, quand le pointeur de la souris survole le potentiel point d'intersection. σ_{cop}^{17} émerge alors et conduit à n'utiliser que r^7 pour conclure.

S_3

ρ_4 De cette stratégie ne découle qu'une procédure, qui consiste à observer les droites (r^6) et les identifier à un objet de référence porteur de propriétés (σ^8) : deux droites parallèles présentant un point de fuite, deux crayons tenu dans une position non-parallèle mais non-sécante, un triangle s'appuyant sur les deux droites... Cette procédure relève ici encore de la visualisation iconique.

S_4

Nous distinguerons pour cette stratégie trois procédures, selon que l'unité figurale construite pour séparer les deux droites soit un point, une droite, ou un plan.

ρ_5 Dans le premier cas, il s'agit de construire un point (r^{11}) à l'endroit où les droites se trouvent les plus proches : σ_{cop}^4 assure alors que les droites ne se coupent pas. Cette procédure repose entièrement sur la capacité du sujet à contrôler visuellement la position d'objets dans l'espace, et renvoie entièrement à la visualisation iconique.

- ρ_6 Dans le second cas, σ_{cop}^5 s'exerce et assure qu'une droite positionnée entre les objets proposés permet de conclure.
- ρ_7 Le dernier cas est différent dans la mesure où la construction d'un plan (r^{38}) permet la partition de l'espace en deux sous-espaces contenant chacun une droite. σ_{cop}^6 conduit donc à une procédure ancrée dans la visualisation iconique, mais qui peut résulter d'un travail sur la figure.

 S_5

Cette stratégie fait appel à la définition de la distance entre deux droites, qui n'est pas connue des élèves de seconde, mais dans ce cas il ne s'agit que de la propriété selon laquelle deux droites sécantes sont séparées d'une distance nulle.

- ρ_8 L'outil "distance" permet de réaliser cette mesure (r^{69}) qui peut être interprétée par différents contrôles : σ_{cop}^9 permet d'affirmer qu'une distance nulle signifie l'intersection, σ_{cop}^{10} qu'une distance strictement positive a le sens contraire, et σ_{cop}^{11} que si la distance n'est pas affichée — ce qui peut arriver si le minimum de distance est réalisé hors de l'espace représenté dans Cabri 3D — elle n'existe pas et alors les droites se coupent.

 S_6

- ρ_9 Concernant ce problème, la seule procédure relative à S_6 consiste à construire le point d'intersection des deux droites à l'aide de l'outil éponyme (r^{17}), auquel cas σ_{cop}^{18} assure que les droites sont sécantes — même si le point n'est pas observé. L'opérationnalité de ce contrôle repose essentiellement sur l'identité entre le nom de l'outil et la désignation du problème, mais il peut apparaître durant son utilisation qu'il est invalide dans la mesure où des droites parallèles conduisent aux mêmes observations.

 S_7

- ρ_{10} Juger du parallélisme des deux droites observées peut ne reposer que sur l'observation. Dans ce cas cela suppose que l'observation, éventuellement accompagnée d'une multiplication des points de vue (r^6), soit au service d'une extrapolation mentale des propriétés que le sujet juge valide (σ^9 et σ^{10}).
- ρ_{11} Afin de soutenir l'extrapolation de propriétés à partir des observations, il est en outre possible de rechercher des analogies (σ^8). Les droites sont alors identifiées à une situation de référence assurant le parallélisme, comme par exemple des objets parallèles — des rails — semblant pourtant converger dans le lointain.

S_8

En l'absence d'une définition de la "distance de deux droites", les propriétés métriques peuvent être portées par une configuration particulière, notamment le parallélogramme : si la distance est mesurée le long de deux arêtes opposées d'un parallélogramme (les deux autres étant portées par les droites), leur égalité est une condition de parallélisme des droites. Nous considérons que les réalisations proposées ici ne s'appuient sur cette configuration — et donc éventuellement sur une déconstruction dimensionnelle du parallélogramme — que pour fournir des observables. Si un point de vue géométrique apparaît localement, la visée des procédures demeure néanmoins attachée aux propriétés métriques des objets, ce qui nous conduit à proposer cette procédure pour ce problème.

ρ_{12} La première procédure consiste à effectuer plusieurs mesures selon une même direction : c'est σ_{cop}^{14} qui contrôle l'emploi de r^{67} , et dans ce cas la constance de la direction suppose la fidélité de l'impression visuelle : la réalisation est exclusivement dirigée et contrôlée par les caractéristiques physiques des objets.

ρ_{13} La seconde procédure s'appuie sur un contrôle plus fort des constructions, puisque σ_{cop}^{15} suppose en premier lieu de construire deux droites parallèles coupant les droites proposées (r^{20} et r^{29}), puis de mesurer la distance séparant les points d'intersection (r^{67}).

Outre la distance entre les droites, il est possible de s'appuyer sur la mesure d'angles en considérant que deux droites sont parallèles si et seulement si elles sont toutes deux orthogonales à un même plan.

ρ_{14} Cette procédure repose alors sur σ_{cop}^8 qui conduit à construire un plan orthogonal à la première droite (r^{43}), puis mesurer l'angle de la seconde droite avec ce plan (r^{74}). Notons que dans ce cas, la seule mesure suffit, et il n'est pas question de distinguer l'orthogonalité de la propriété "l'angle mesuré est 90° ".

 S_9

ρ_{15} La propriété selon laquelle par un point il passe une unique parallèle à une droite donnée permet à σ_{cop}^{22} de s'exercer, et conduit à tracer une parallèle à la première droite passant par un point de la première pour vérifier le parallélisme (r^{29}). Cependant, quand bien même cela procède d'une déconstruction dimensionnelle, décider que la parallèle est superposée à la seconde droite dépend ici encore du contrôle visuel : le travail sur la figure permet d'élaborer une stratégie limitant les indéterminations visuelles, mais en dernier ressort ce sont les objets matériels qui sont étudiés.

S_{10}

ρ_{16} La procédure relevant de cette stratégie est très proche de ρ_9 dans sa réalisation. Cependant, puisqu'elle repose sur l'étude de l'outil "point d'intersection", le contrôle assurant l'interprétation des observations est σ_{cop}^{19} et non plus σ_{cop}^{18} : la construction permet d'assurer la coplanarité et non plus l'intersection. En cas de coplanarité, une autre procédure peut être mise en œuvre pour vérifier le parallélisme ou l'intersection.

Dans le cas présent, c'est l'étude de l'outil qui conduit à élargir l'interprétation accordé aux rétroactions qui en émanent, et non une considération prenant initialement en compte la coplanarité. En ce sens, nous considérerons que d'autres procédures permettant de vérifier la coplanarité — par construction de plan ou de polygones —, puis l'intersection, relèveront de S_{14} .

 S_{11}

ρ_{17} Mesurer la distance entre les deux droites (r^{69}) permet de séparer deux cas : "non-parallèles" (σ_{cop}^{13}) ou "non-sécantes" (σ_{cop}^{12}). Le test de coplanarité — par construction d'un point d'intersection, d'un plan par les deux droites... — permet ensuite de conclure.

 S_{12}

ρ_{18} De la même manière, la mesure de l'angle entre la seconde droite et un plan orthogonal à la première permet de distinguer deux cas : "parallèles" — si l'angle est codé comme un angle droit géométrique (σ^{14}) — ou "non-parallèles" dans les autres cas. Le test de coplanarité permet alors de conclure.

 S_{13}

ρ_{19} La première procédure repose sur le constat suivant : deux droites parallèles portent les côtés d'un parallélogramme, un carré, un rectangle... En raison des outils disponibles, il s'agit donc de construire un carré s'appuyant sur les deux droites, mais r^{60} ou r^{59} ne peuvent s'appliquer puisqu'il est impossible de définir un polygone par deux de ses arêtes. De fait cette procédure se solde par un échec.

ρ_{20} La seconde procédure consiste à construire un polyèdre régulier s'appuyant sur les deux droites et garantissant leur parallélisme. Ici encore, cette construction peut être entreprise mais conduit à un échec.

S_{14}

ρ_{21} La procédure relative à cette stratégie consiste à appliquer une distinction de cas : la construction d'un plan par les deux droites (r^{42}) ou d'un polygone dont elles portent deux des arêtes (r^{45}) permet d'affirmer la coplanarité (σ_{cop}^{19} ou σ_{cop}^{21}). Dans le cas contraire, σ_{cop}^{20} permet de conclure à l'absence de coplanarité et d'intersection.

Lorsque les droites sont coplanaires, la construction d'un plan orthogonal à la première droite permet, par mesure d'angle et recherche de codage (r^{74} et σ^{14}) de conclure au parallélisme ou à l'intersection.

D.4 Transcriptions

Etude de configurations de droites: troisième groupe

Temps	
00:04:15.740 - 00:04:20.200	Généralités: 1_1 E1: Si elles se touchent? Mais elles se touchent pas!
00:04:20.200 - 00:04:20.730	E1: Aaah, non!
00:04:20.200 - 00:05:00.398	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:04:21.330 - 00:04:23.254	E2: Elles sont sur le même plan, ça fait que...
00:04:23.410 - 00:04:24.801	E1: Mais elles sont parallèles peut être!
00:04:25.837 - 00:04:26.695	E2: Non...
00:04:27.514 - 00:04:28.463	E1: Alors tu mets oui!
00:04:30.452 - 00:04:33.104	E1: Non, mais on les voit se couper là bas!
00:04:33.481 - 00:04:35.769	E1: Bravo, hein, bravo! Beaucoup trop facile, allez on passe!
00:04:35.860 - 00:04:39.916	E2: Mais non mais ça peut être une illusion d'optique, si y en a une qui est au dessus et une qui est en dessous, et hop!
00:04:40.332 - 00:04:43.166	E1: Ah ouais, c'est pas faux, ouais, mais là on les voit sur le même plan.
00:04:43.446 - 00:04:44.382	E2: Oui oui...
00:04:44.733 - 00:04:47.138	E1: Normalement, on devrait voir deux points à un endroit.
00:04:48.932 - 00:04:50.635	E1: Si, là.
00:04:58.981 - 00:05:00.398	E2: Ouais, fais le prochain, vite...
00:05:04.098 - 00:05:05.448	Généralités: 1_2
00:05:05.498 - 00:05:06.108	E2: Se coupent!
00:05:05.498 - 00:05:07.708	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:05.918 - 00:05:07.708	E1: Euh, je crois qu'elles se coupent! Ah non! Peut être pas...
00:05:07.798 - 00:05:09.348	E2: Baisse le plan! Ah si, elles se coupent.
00:05:08.568 - 00:05:11.168	Actions E1: Point de vue: écran orthogonal au plan de base Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:10.328 - 00:05:11.198	E1: Ouais, elles se coupent
00:05:16.010 - 00:05:17.440	E1: Mais elles sont sur le même plan!
00:05:17.278 - 00:05:17.978	Généralités: 1_3
00:05:18.048 - 00:05:19.408	E1: Elles se coupent, la 3 aussi.
00:05:21.798 - 00:05:22.238	Généralités: 1_4
00:05:22.400 - 00:05:29.175	Actions E1: Point de vue: écran orthogonal au plan de base Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:23.840 - 00:05:24.650	E1: Ah, là c'est pas sûr.
00:05:26.440 - 00:05:27.340	E1: Ah, on peut pas! Ah si!
00:05:28.665 - 00:05:29.175	E1: Ouais, elles se coupent.
00:05:32.365 - 00:05:33.335	Généralités: 1_5
00:05:33.420 - 00:05:46.530	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:33.905 - 00:05:34.985	E1: Ah, parallèles?
00:05:38.490 - 00:05:39.120	E1: Parallèles.
00:05:41.550 - 00:05:43.100	E2: Vas-y non mais là, moi je, je suis pas, là.
00:05:45.270 - 00:05:46.530	E1: Euh, la 4, 5, jusqu'à la 4 ça se coupe.
00:05:51.490 - 00:05:53.220	E1: Ouais, c'est parallèle, hein!
00:05:51.490 - 00:05:53.220	Actions E1: point de vue: écran ortho au plan des droites Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:53.840 - 00:05:54.530	E1: Ah non!
00:05:53.840 - 00:05:54.530	Actions E1: point de vue: droites dans le plan de l'écran Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:57.230 - 00:05:59.020	E1: P*** faudrait placer un plan.
00:05:59.420 - 00:06:00.530	E1: [Fort:] ON A LE DROIT DE PLACER DES PLANS?
00:06:05.580 - 00:06:06.910	E2: Si ça se trouve elle passe un millimètre au dessus, tu vois?
00:06:27.040 - 00:06:28.010	E2: C'est la 4, ça?
00:06:28.690 - 00:06:30.860	E1: Ouais! Tiens, je vais placer un carré...
00:06:32.250 - 00:06:33.270	E2: C'est 4 ou 5?
00:06:35.910 - 00:06:37.830	E1: Euh, c'est la 5, ça.
00:06:42.070 - 00:06:44.050	E1: Ouais, je pense qu'elles sont parallèles, allez hop!
00:06:45.390 - 00:06:47.880	E1: [à l'enregistreur:] Ouais, on pourrait faire un plan, mais on n'a pas le temps. Désolé, le temps nous presse!
00:06:50.110 - 00:06:51.050	Généralités: 1_6
00:06:50.110 - 00:06:54.620	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:06:53.760 - 00:06:55.780	E1: Ouais, c'est pareil! Ah non, c'est pas parallèle.
00:06:54.750 - 00:07:05.790	Actions E1: Recherche à faire apparaître le point d'intersection à l'écran. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:06:57.835 - 00:06:59.695	E2: Quoi? Ça se coupe, là!
00:07:03.310 - 00:07:04.310	E1: Ouais ça se coupe.
00:07:04.100 - 00:07:05.790	E2: Attends 2 secondes, maintenant tu vas écrire.
00:07:30.050 - 00:07:31.280	E1: [Pause orthographe]

00:07:42.880 - 00:07:44.140	Généralités: 1_7
00:07:45.110 - 00:07:56.050	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:45.670 - 00:07:47.070	E2: En fait on va un peu trop vite, là, c'est ça?
00:07:50.240 - 00:07:51.230	E1: Ne se coupent pas.
00:07:56.490 - 00:07:56.890	Enseignant(e): Oui, dites moi?
00:07:56.990 - 00:07:57.900	E1: Euh, est-ce qu'on a le droit de mettre un plan?
00:07:58.380 - 00:07:59.910	Enseignant(e): Ah vous faites ce que vous voulez!
00:08:01.360 - 00:08:03.070	E1: Ouais, ben alors re-regarde la 5
00:08:01.360 - 00:08:05.460	Outil E2: Plan: par deux droites
00:08:04.580 - 00:08:05.460	E1: Donc, la 6, se coupent.
00:08:07.740 - 00:08:09.160	E1: Faut justifier à chaque fois, ou pas?
00:08:09.270 - 00:08:13.830	Enseignant(e): Oui, sauf si c'est la même justification qu'avant, vous mettez "pareil que..."
00:08:14.930 - 00:08:16.420	E2: C'était donc la 5?
00:08:15.870 - 00:08:16.400	Généralités: 1_5
00:08:17.790 - 00:08:18.570	E1: La 4.
00:08:18.660 - 00:08:19.530	E2: Non la 5 aussi!
00:08:20.030 - 00:08:23.260	Outil E2: Plan: par deux droites
00:08:21.860 - 00:08:23.260	E1: Non, là on a dit que c'était parallèle.
00:08:26.520 - 00:08:29.230	E2: C'est parallèle! Puisque là on voit que c'est le même plan...
00:08:30.000 - 00:08:31.640	E1: Euh, mais qui te dit que c'est parallèle?
00:08:30.000 - 00:08:42.895	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:08:33.160 - 00:08:34.800	E2: Parce qu'elles se coupent pas et ça se voit.
00:08:36.370 - 00:08:37.110	E2: Ah non...
00:08:41.335 - 00:08:42.895	E1: Vas-y tourne de l'autre côté pour voir?
00:08:43.875 - 00:08:45.875	E1: Ouais, trace une parallèle à...
00:08:45.765 - 00:08:46.325	Actions E2: Non non non...
00:08:46.345 - 00:08:47.905	E1: Si si, à celle là, mais par là!
00:08:49.785 - 00:08:49.795	Actions E2: Parallèle à D2 par un point de D1
00:08:51.905 - 00:08:55.905	Généralités: G.? Tu sais comment tu peux faire une droite, perpendiculaire à une droite?
00:08:55.975 - 00:08:56.715	E1: Tout à fait.
00:08:56.715 - 00:08:57.385	Généralités: Comment tu fais?
00:08:57.395 - 00:08:59.495	E1: Tu fais perpendiculaire, tu cliques dessus.
00:09:01.445 - 00:09:04.415	Généralités: Mais c'est où? C'est avec les plans...
00:09:04.445 - 00:09:07.815	E1: Mais tu traces un plan, tu fais perpendiculaire au plan, c'est pas possible, ça!
00:09:14.235 - 00:09:16.835	Généralités: [essaient d'utiliser "perpendiculaire"]
00:09:14.235 - 00:09:22.685	Actions E1: Perpendiculaire à D2 par un point de D1 Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:09:30.390 - 00:09:33.170	E2: Oh puis là on peut pas trouver "angle", y a pas un truc "angle".
00:09:30.390 - 00:09:44.250	Généralités: [cherchent un moyen de mesurer un angle dans les menus]
00:09:33.050 - 00:09:33.590	E1: Siiii...
00:09:43.070 - 00:09:44.250	E2: Ah si! C'est celui là.
00:09:44.445 - 00:09:45.495	E1: Là, ouais...
00:09:47.760 - 00:09:52.860	Actions E2: Angle entre D1 et l'orthogonal à D2 Outil E2: Angle: droite, plan
00:09:54.385 - 00:09:55.355	E1: Et l'autre?
00:09:55.575 - 00:09:58.575	E2: Mais ça c'est hyperp... c'est...
00:09:55.575 - 00:09:58.575	Actions E2: angle entre D2 et son orthogonal: d'un côté 85°, de l'autre 90° Outil E2: Angle: droite, plan
00:10:02.605 - 00:10:03.555	E1: Ahah!
00:10:16.225 - 00:10:22.195	Généralités: [discussion extérieure]
00:10:20.115 - 00:10:21.035	E2: Donc le 5, elles se coupent pas!
00:10:20.790 - 00:10:21.260	E1: Car euh...
00:10:24.460 - 00:10:28.760	E1: Car sur même plan... plan...
00:10:34.000 - 00:10:35.230	E1: Et... non parallèles.
00:10:38.590 - 00:10:38.930	E1: Regarde la 5!
00:10:40.200 - 00:10:42.190	E2: C'est un autre plan?
00:10:42.520 - 00:10:45.090	E1: Là elles sont sur le même plan! Sauf qu'elles sont pas parallèles...
00:10:49.880 - 00:10:51.770	E1: Elles sont sur le même plan, elles sont sur celui là.
00:10:53.400 - 00:10:53.940	E1: Fais la 4!
00:10:56.370 - 00:10:56.860	Généralités: 1_4
00:10:57.345 - 00:11:03.605	Outil E2: Plan: par deux droites

00:11:01.430 - 00:11:02.190	E1: Attends, tourne la déjà.
00:11:05.335 - 00:11:07.255	E2: Elles sont sur le même plan
00:11:09.385 - 00:11:11.185	E1: Elles sont sur le même plan, ok!
00:11:14.025 - 00:11:14.505	E1: ?!
00:11:34.685 - 00:11:35.625	Généralités: 1_7
00:11:35.665 - 00:11:40.665	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:40.665 - 00:11:46.295	Outil E1: Plan: par deux droites
00:11:46.315 - 00:11:47.085	E1: Ouais, ça marche...
00:11:47.095 - 00:11:53.335	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:49.565 - 00:11:50.425	E1: Ouais, ça marche, ça marche..
00:12:02.935 - 00:12:03.375	Généralités: 2_1
00:12:09.765 - 00:12:11.665	Outil E1: Plan: par deux droites
00:12:13.935 - 00:12:16.285	E1: D'accord elles se coupent ou pas? oui, elles se coupent.
00:12:16.135 - 00:12:19.565	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:19.575 - 00:12:27.395	Actions E1: Plan orthogonal à D2 Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:12:28.815 - 00:12:29.295	E2: Angle
00:12:29.310 - 00:12:32.120	Actions E2: angle entre D1 et le nouveau plan Outil E2: Angle: droite, plan
00:12:29.660 - 00:12:30.120	E2: Hop
00:12:31.690 - 00:12:32.090	E2: Hop
00:12:32.160 - 00:12:33.030	Actions E2: Angle entre D2 et le nouveau plan Outil E2: Angle: droite, plan
00:12:33.040 - 00:12:36.570	E2: Pas parallèles, parce qu'elles sont pas...
00:12:45.860 - 00:12:47.940	E2: Faut dire parce que... plan...
00:12:49.270 - 00:12:50.460	E1: plan: même...
00:12:52.070 - 00:12:53.990	E2: Non. 2e plan...
00:12:57.130 - 00:13:02.150	Enseignant(e): Attends... Est-ce que t'es sûre que, une droite, si tu fais comme ça... tu traces une perpendiculaire
00:13:04.075 - 00:13:09.925	E2: Mais si elles sont perpendiculaires les deux, plus haut, elles peuvent être parallèles...
00:13:11.085 - 00:13:11.875	E2: Mais, si...
00:13:12.855 - 00:13:14.145	E2: Elles sont pas...
00:13:14.135 - 00:13:15.395	E1: Tu vois ce que je veux dire?
00:13:16.055 - 00:13:22.315	E2: Si, là regarde c'est clair, comme là y a un angle plus petit, elles vont se croiser là très loin, là ici
00:13:22.325 - 00:13:22.935	E1: Ouais.
00:13:22.985 - 00:13:23.635	E2: C'est clair!
00:13:24.845 - 00:13:26.015	E2: Euh, faut mettre...
00:13:26.025 - 00:13:31.025	E1: Euh, même plan pour le 1... plan 1: même. Plan 2: non.
00:13:33.565 - 00:13:34.465	E2: Je comprends pas.
00:13:37.035 - 00:13:38.185	E2: plan 1: même, euh...
00:13:38.685 - 00:13:39.265	E2: Je comprends pas.
00:13:39.540 - 00:13:43.460	E1: Euh, je veux dire, le premier plan, là, celui là c'est le même mais celui là non.
00:13:43.520 - 00:13:46.260	E2: Mais non, mais ils [les droites] sont pas sur le plan, ça a rien à voir regarde!
00:13:46.330 - 00:13:50.520	Actions E2: Montre que les 2 plans sont différents Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:13:50.220 - 00:13:50.520	E2: C'est un... un plan comme ça!
00:13:52.990 - 00:14:02.050	E2: Et, il est perpendiculaire donc il est... plan 1: ils sont sur le même, plan 2: euh y en a une qui est perpendiculaire au plan et y a une qui est pas!
00:14:02.430 - 00:14:04.450	E2: Et, elle fait pas partie du plan!
00:14:05.540 - 00:14:06.820	E2: Elle est pas sur le plan comme ça!
00:14:07.030 - 00:14:07.530	E1: Oui!
00:14:09.680 - 00:14:11.400	E1: Non, je veux dire qu'il n'y a pas le même angle... Ouais...
00:14:37.630 - 00:14:38.250	Généralités: 2_2
00:14:38.270 - 00:14:43.860	Actions E1: Plan par les deux droites: impossible, mais la rétroaction n'est pas perçue. Utilisation d'un point sur droite. Outil E1: Plan: par une droite et un point
00:14:43.160 - 00:14:43.840	E2: Ouais nickel.
00:14:43.860 - 00:14:51.490	Actions E1: Vérifie que les droites sont bien dans le plan. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:47.600 - 00:14:48.710	E1: Ahah! Un piège!
00:14:51.230 - 00:14:52.310	E1: Mais c'est un piège!
00:14:53.250 - 00:14:54.680	E1: Pas sur le même plan.
00:14:56.375 - 00:15:00.115	Actions E1: Second plan par une droite et un point de l'autre: les plans ne sont pas confondus Outil E1: Plan: par une droite et un point
00:14:56.390 - 00:14:57.510	E1: Attends on va refaire.
00:14:59.420 - 00:15:00.760	E1: Ouais tu vois c'est pas le même.
00:15:00.125 - 00:15:00.535	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:01.725 - 00:15:06.985	Généralités: problèmes visuels mettent en cause la preuve par ostension: on ne "voit" pas.

00:15:02.645 - 00:15:02.955	E2: Mais si!
00:15:02.975 - 00:15:06.735	E1: Mais non! Tu vois très bien! Regarde, là il y a un petit espace. [entre les deux plans]
00:15:07.285 - 00:15:09.395	E2: Ok... Enlève les plans!
00:15:11.565 - 00:15:14.005	Outil E1: Annuler action
00:15:14.070 - 00:15:24.360	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:16.960 - 00:15:18.400	E2: Décale juste comme ça, pour voir?
00:15:18.510 - 00:15:24.360	E1: Tu vois? Regarde. Mais c'est que c'était un piège! Ils sont vicieux ces matheux...
00:15:24.420 - 00:15:25.020	Généralités: 2_3
00:15:25.050 - 00:15:40.100	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:29.780 - 00:15:30.840	E1: Ouh là, celui là... [rîres]
00:15:38.790 - 00:15:40.100	E2: Mais attends... reviens au 2_2.
00:15:41.760 - 00:15:43.630	E1: Bon celui là, y a même pas besoin...
00:15:43.630 - 00:15:44.130	E2: Reviens au 2_2!
00:15:45.490 - 00:15:46.060	Généralités: 2_2
00:15:48.370 - 00:15:50.510	E2: Fais un plan perpendiculaire à une des droites.
00:15:51.810 - 00:15:55.300	E1: Mais t'as pas besoin! Tu vois les deux plans, si ils sont pareils...
00:15:55.940 - 00:15:58.080	E2: Mais non, parce que... euh...
00:15:58.150 - 00:16:03.580	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:16:00.320 - 00:16:03.010	E2: Je veux savoir si elles sont... Non, si...
00:16:03.610 - 00:16:09.510	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:16:04.930 - 00:16:09.530	E2: Non, c'est pas ça en fait, attends deux secondes... Je suis désolée, hein, mais...
00:16:09.790 - 00:16:13.240	E2: J'ai une idée dans la tête et je sais pas comment... Désolée, hein...
00:16:12.910 - 00:16:13.170	E1: Vas-y!
00:16:15.930 - 00:16:16.930	Outil E1: Annuler action
00:16:17.010 - 00:16:55.180	Actions E2: Tente de faire un plan passant par les deux droites. Ne finit pas sa construction. Outil E2: Plan: par deux droites
00:16:26.790 - 00:16:30.210	E2: Et ça on se dit que c'est pas à la même hauteur?
00:16:33.100 - 00:16:38.690	E2: Tu vois, il disait que si le point il bougeait pas ce serait toujours la même hauteur, c'est bizarre.
00:16:43.630 - 00:16:44.300	E2: Tu penses pas?
00:16:44.310 - 00:16:47.190	E1: Mais non, c'est bon, j'ai dit! Ils se touchent pas, tu l'as bien vu!
00:16:51.840 - 00:16:55.180	E2: Ils se touchent pas mais... mais est-ce que elles, elles sont parallèles?
00:16:56.260 - 00:16:57.630	E1: Mais quelles "elles"?
00:16:57.880 - 00:17:02.160	E1: De toute façon, même si elles sont... Bah elles sont pas parallèles!
00:17:04.340 - 00:17:07.880	E1: T'as pas besoin de savoir si elles sont parallèles ou pas! Si elles sont... [inaudible]
00:17:08.130 - 00:17:16.715	E1: Elles sont pas parallèles, mais de toute façon y en a une qui part là bas... Tu vas pas dire, euh... Ah si, si elle fait le tour du monde à un moment... elles se croisent...
00:17:21.045 - 00:17:25.295	E2: Non, mais non, parce que si elles sont décalées de ça, elles se croiseront de l'autre côté de ça.
00:17:25.855 - 00:17:27.555	E1: Ouais mais... non, pas obligé!
00:17:29.655 - 00:17:30.985	E2: Si si...
00:17:36.005 - 00:17:38.685	E1: Fichier, ouvrir, 4. Le 3 t'as vu?
00:17:38.815 - 00:17:39.265	Généralités: 2_4
00:17:40.175 - 00:17:42.245	E2: Le 3 ça marche? T'as fait...
00:17:41.825 - 00:17:42.895	E1: C'était la même chose que ça.
00:17:45.435 - 00:17:47.005	E1: Quoi? Mais attends ils se foutent de notre gueule, là!
00:17:47.440 - 00:18:04.550	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:17:52.315 - 00:17:54.295	E1: Attends, mais c'est trop facile!
00:17:55.820 - 00:18:01.250	E2: Mais oui mais regarde, c'est pas le même plan, mais là on voit qu'elles sont pas... les plans ils sont pas parallèles!
00:18:07.000 - 00:18:09.040	E1: [fort] ça paraît trop facile, là monsieur!
00:18:09.530 - 00:18:10.890	Enseignant(e): C'est peut être trop facile, hein...
00:18:11.800 - 00:18:14.190	E1: Celle là! Ca fait deux d'affilé que c'est la même chose!
00:18:18.190 - 00:18:19.000	Généralités: 2_5
00:18:19.090 - 00:18:34.750	Actions E1: cherche un point de vue où les deux droites ne se coupent pas et ne sont clairement pas parallèles. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:18:20.220 - 00:18:22.620	E1: Ouais, et vous piègez pour faire semblant qu'il y a un piège.
00:18:23.440 - 00:18:24.190	E1: Tiens celle là non plus!
00:18:27.110 - 00:18:27.700	E1: Attends... On va voir en bas.
00:18:34.240 - 00:18:34.750	E1: Non, non, non...
00:18:35.750 - 00:18:36.920	E1: Même pas besoin de faire un plan!
00:18:37.650 - 00:18:39.130	E2: Ah, ouais... Attends attends...
00:18:39.145 - 00:18:39.985	E1: Là c'est la 2 ça!
00:18:40.140 - 00:18:43.620	E1: Tu fais 2_3, 2_4. C'est la même chose que ça!

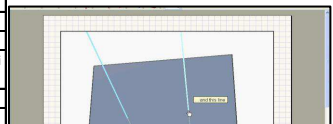
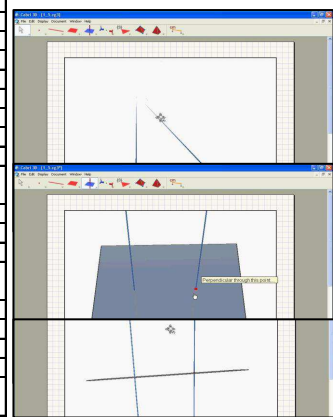
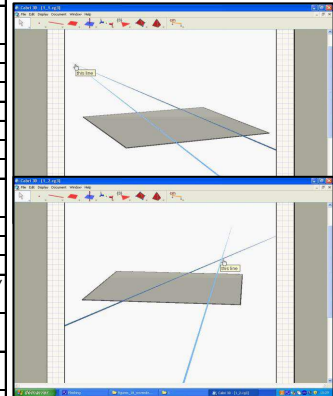
00:18:41.340 - 00:18:44.330	E2: C'était bon ou pas? Et le 2_3? Remets sur 2_3.
00:18:44.250 - 00:18:45.080	E1: C'est pareil, c'est...
00:18:45.170 - 00:18:46.330	E2: Non non, remets sur 2_3.
00:18:46.340 - 00:18:46.780	Généralités: 2_3
00:18:46.820 - 00:18:48.130	E1: Regarde, c'est ça.
00:18:46.940 - 00:18:51.790	Généralités: Th en actes?: si on peut avoir deux points de vue, dans l'un les droites se coupent, dans l'autre elles sont parallèles, alors elles sont non-coplanaires
00:18:46.940 - 00:18:51.790	Actions E1: Point de vue rendant les droites parallèles Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:18:49.350 - 00:18:50.260	E2: C'est encore, euh...
00:18:50.460 - 00:18:50.890	E1: Ouais!
00:18:51.890 - 00:18:53.710	E1: Donc 2_3, 2_4 c'est pareil. Et 2_5.
00:18:53.690 - 00:18:54.180	Généralités: 2_6
00:18:54.320 - 00:18:55.690	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:18:58.310 - 00:19:00.880	E1: Oh oh! Là est le problème!
00:19:01.070 - 00:19:03.360	E1: Sont-elles parallèles?
00:19:03.570 - 00:19:05.670	E1: De toute façon je suppose qu'elles sont même pas sur le même plan...
00:19:03.570 - 00:19:05.670	Outil E1: Plan: par deux droites
00:19:06.700 - 00:19:08.200	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:19:10.910 - 00:19:11.800	E1: Si, elles sont sur le même plan.
00:19:12.630 - 00:19:13.780	E1: Attends, on va voir comment.
00:19:13.790 - 00:19:15.570	E2: Place un plan euh... perpendiculaire.
00:19:17.740 - 00:19:20.330	E1: Ouais, c'est bon. Plan, perpendiculaire...
00:19:17.740 - 00:19:22.950	Actions E1: perpendiculaire à D1, par un point de D2. Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:19:21.600 - 00:19:22.590	E2: C'est bon il suffit de faire ça!
00:19:22.670 - 00:19:22.950	E1: Non!
00:19:24.120 - 00:19:26.170	E2: Pourquoi tu veux faire un point? Tu t'en fous, clique.
00:19:26.200 - 00:19:29.950	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:19:27.520 - 00:19:29.950	E2: Hop, et maintenant tu fais "angle"
00:19:34.630 - 00:19:37.560	Actions E1: Mesure les deux angles: 89°Vs90° Outil E1: Angle: droite, plan
00:19:38.410 - 00:19:40.590	E1: Pfff! Ce n'est point parallèle!
00:19:41.240 - 00:19:44.670	E2: Ils ont quand même [inaudible]... à 1 degré près, hein!
00:19:44.970 - 00:19:47.150	E1: J'te dis, c'est des vicieux les matheux!
00:19:47.510 - 00:19:48.790	E2: Ca c'est la 6?
00:19:48.840 - 00:19:49.110	E1: Ouais!
00:19:54.270 - 00:19:54.880	Généralités: 2_7
00:19:56.180 - 00:20:33.880	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:20:05.740 - 00:20:07.440	E1: A vue de nez elles sont pas parallèles!
00:20:09.250 - 00:20:14.260	E1: Ou alors il est mal fait le truc geogebra parce que là ça se rapproche donc... alors que de l'autre côté...
00:20:16.080 - 00:20:17.340	E1: ça s'écarte là...
00:20:22.660 - 00:20:26.580	Généralités: [ext] Euh, mais est ce que quand elles sont pas sur le même plan il suffit de dire "elles sont pas sur le même plan donc elles se coupent pas"?
00:20:27.050 - 00:20:27.290	E1: Oui.
00:20:27.600 - 00:20:29.380	Généralités: [ext] Mais y en a genre au moins 5 à la suite où c'est ça!
00:20:29.790 - 00:20:30.130	E2: Ouais.
00:20:30.520 - 00:20:31.500	Généralités: [ext] Il suffit de dire "c'est pas sur le même plan"?
00:20:31.500 - 00:20:31.670	E1: Ouais.
00:20:33.980 - 00:20:40.580	Outil E1: Plan: par deux droites
00:21:10.450 - 00:21:12.460	E1: 2_8 ça se croise parce que c'est sur le même plan.
00:21:13.510 - 00:21:14.660	E1: Et c'est pas parallèle.
00:21:33.830 - 00:21:34.530	Généralités: 3_1
00:21:36.270 - 00:21:43.500	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:22:03.490 - 00:22:09.950	Outil E1: Demi-plan: une droite et un point
00:22:10.600 - 00:22:17.110	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:22:19.160 - 00:22:25.060	E2: Même plan mais les droites ne sont pas les deux perpendiculaires à une [troisième] droite perpendiculaire à une [des deux] droites.
00:22:25.430 - 00:22:26.300	E1: Attends c'est...
00:22:26.440 - 00:22:26.910	E2: Ca marche?
00:22:27.580 - 00:22:29.780	E1: Bah je sais pas, ouais... Ca a l'air, non?
00:22:31.680 - 00:22:34.550	E1: Merci de mesurer cet angle. J'ai dit "angle"
00:22:31.680 - 00:22:41.280	Actions E1: Cherche à mesurer l'angle entre une droite et le bord du demi-plan Outil E1: Angle: droite, plan
00:22:36.250 - 00:22:37.290	E1: Angle de cette droite

00:22:40.380 - 00:22:41.280	E1: Et de ce plan.
00:22:46.330 - 00:22:47.310	E1: Pourquoi il marche pas?
00:22:47.310 - 00:22:48.430	E2: C'est zéro! [la droite est dans le plan, E2 n'a pas compris que E1 cherche à mesurer l'angle avec le "bord du plan"]
00:22:50.290 - 00:22:51.810	E1: Ah ouais, moi je voulais dire ce plan là!
00:22:55.985 - 00:22:58.415	E1: Bah tu sais quoi? On va tracer une autre droite...
00:23:03.940 - 00:23:05.210	E1: Le 7? On va regarder.
00:23:05.250 - 00:23:06.350	Généralités: 2_7
00:23:06.980 - 00:23:25.150	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:23:13.010 - 00:23:14.870	E2: Mais en fait c'est stupide ce que j'ai mis!
00:23:16.680 - 00:23:17.520	E1: Quel constat affligeant...
00:23:23.710 - 00:23:25.150	E1: Euuuh, 2_7 ça se coupe.
00:23:27.400 - 00:23:29.610	E1: Et 2_8... Tu t'en rappelles? Je te l'avais dit.
00:23:42.180 - 00:23:46.120	E2: [fort] Mais, monsieur, quand on a déjà toutes les droites comme ça, c'est bon?
00:24:15.080 - 00:24:17.450	Enseignant(e): Vous voyez comment qu'elles sont sur le même plan ou pas sur le même plan?
00:24:17.450 - 00:24:18.530	E1: Bah on place un plan!
00:24:22.740 - 00:24:23.690	Enseignant(e): Et qu'elles sont parallèles ou non?
00:24:24.580 - 00:24:26.520	E1: On regarde, on place un plan, on regarde l'angle.
00:24:26.530 - 00:24:33.240	E2: On trace un plan parallèle... perpendiculaire à une droite, et... Et après on regarde l'angle pour l'autre droite par rapport à ce plan.
00:24:34.520 - 00:24:36.720	Enseignant(e): Ouais mais... Regardez par exemple...
00:24:42.790 - 00:24:45.280	Enseignant(e): Là, je fais une droite, d'accord? Je vais le faire dans l'autre sens...
00:24:46.940 - 00:24:50.980	Enseignant(e): Une deuxième droite, un plan orthogonal à celle là
00:24:52.710 - 00:24:56.060	Enseignant(e): Et puis je vais regarder des angles, ici...
00:24:56.650 - 00:24:58.860	Enseignant(e): Donc c'est bon, là j'ai bien un angle droit
00:25:00.550 - 00:25:03.560	Enseignant(e): Donc là on est d'accord, elles sont dans le même plan, et elles se coupent, pas de problème. [le deuxième angle est plus petit]
00:25:05.150 - 00:25:08.530	Enseignant(e): Maintenant, je vais chercher une position... Je vais chercher des positions bizarres.
00:25:10.840 - 00:25:12.020	E1: Mais là y a pas l'angle droit
00:25:12.420 - 00:25:13.340	Enseignant(e): Là y a pas l'angle droit.
00:25:13.710 - 00:25:15.080	E1: Juste un peu à gauche, je crois qu'il y a l'angle droit.
00:25:24.050 - 00:25:25.100	E2: Ca c'est pas un angle droit?
00:25:25.210 - 00:25:25.640	E1: Non!
00:25:25.670 - 00:25:28.750	Enseignant(e): Là visiblement il y a un angle droit [robuste] à gauche, et un angle droit [mou] à droite.
00:25:29.650 - 00:25:41.510	Enseignant(e): Ca veut peut être dire qu'il y a un moment où... Et puis vous voyez, là je déplace ma droite... Je la bouge un petit peu quand même... 90, 90 encore alors que j'ai continué à la bouger!
00:25:41.940 - 00:25:43.520	Enseignant(e): 90, j'ai encore continué à la bouger...
00:25:44.700 - 00:25:51.710	Enseignant(e): Là je suis passé à 91. Mais ça veut peut être dire que 90 ça correspond pas qu'à une seule position.
00:25:51.750 - 00:25:56.420	Enseignant(e): Et que 90, c'est peut être parallèle, effectivement, mais c'est peut être pas parallèle non plus!
00:25:56.550 - 00:25:59.530	E1: Mais le seul où on a vu 90 en fait, y avait deux angles droits!
00:26:00.210 - 00:26:01.890	Enseignant(e): Oui donc là, vous êtes à peu près peinards.
00:26:01.960 - 00:26:02.690	E1: Ouais.
00:26:03.600 - 00:26:05.880	E1: Sinon après on voyait 87, 86 et 89.
00:26:08.860 - 00:26:13.430	Enseignant(e): Et, mais j'ai peur que vos fichiers aient été modifiés, c'est ça qui me casse les pieds.

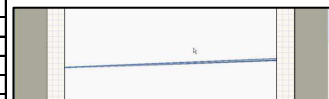
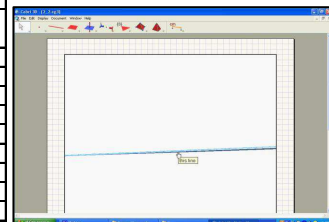
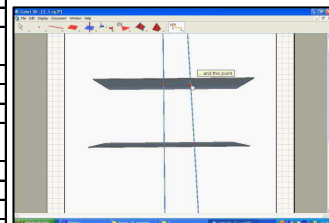
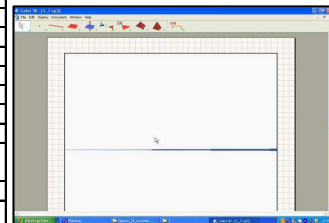
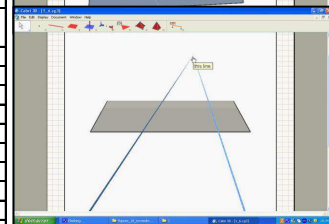
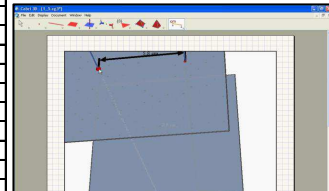
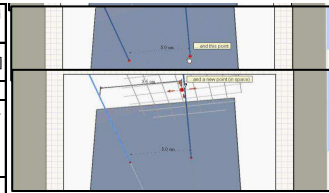
00:27:04.720 - 00:27:05.540	Généralités: 2_1
00:27:08.860 - 00:27:10.410	Enseignant(e): Là vous voyez ça comment qu'elles sont séparées?
00:27:11.150 - 00:27:11.840	E1: On place un plan!
00:27:17.447 - 00:27:19.907	E2: Non mais 2_1 c'est le même plan.
00:27:20.600 - 00:27:23.270	Enseignant(e): Ah oui donc là, vous avez considéré que les droites se coupaient.
00:27:23.295 - 00:27:23.665	Généralités: 2_3
00:27:23.300 - 00:27:25.320	E1: C'était quoi 2_1? Ah ouais, on a fait un autre plan.
00:27:24.805 - 00:27:28.045	E2: On a fait, un plan euuh... perpendiculaire.
00:27:28.205 - 00:27:30.285	E2: Et on a mesuré l'angle: c'était pas 90.
00:27:34.275 - 00:27:36.525	E2: 2_3, 2_4, c'est pareil.
00:27:36.132 - 00:27:36.762	Généralités: 2_4
00:27:36.132 - 00:27:43.292	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:27:43.712 - 00:27:44.202	Généralités: 2_5
00:27:45.042 - 00:27:54.182	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:28:01.010 - 00:28:05.510	Enseignant(e): [Je pense que vous travaillez sur des fichiers modifiés, allez les prendre sur internet.]
00:29:07.972 - 00:29:22.642	Actions E1: Déplace D2 Outil E1: Manipulation: déplacement vertical
00:29:22.642 - 00:29:31.452	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:29:31.480 - 00:29:38.160	Outil E1: Manipulation: déplacement
00:35:48.620 - 00:35:49.780	E1: 3_2? Facile.
00:35:50.120 - 00:35:51.290	Généralités: [ext] Mais le plan il est trop petit!
00:35:52.830 - 00:35:54.420	E1: Tu t'en fous, tu prends un plus grand plan!
00:35:54.640 - 00:35:55.570	E1: Tu l'agrandis!
00:35:58.070 - 00:36:02.930	E1: Bon, alors sinon autre solution: tu traces une droite perpendiculaire à une droite, tu regardes si elle est perpendiculaire à l'autre.
00:36:25.160 - 00:36:26.320	Généralités: [Pb technique]
00:37:12.500 - 00:37:15.780	E2: Et maintenant il va falloir tout recommencer, c'est ça?
00:37:25.790 - 00:37:28.340	E1: Je te propose de tracer...
00:37:28.900 - 00:37:32.480	E1: Trace une droite perpendiculaire à une [des deux] droite
00:37:49.736 - 00:37:50.296	Généralités: 2_4
00:37:52.190 - 00:38:15.980	Actions E1: Cherche à faire apparaître les droites parallèles à l'écran Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:38:16.170 - 00:38:18.320	Actions E1: triangle équilatéral d'axe l'une des droites de sommet sur l'autre droite Outil E1: polygone régulier: axe, point
00:38:26.650 - 00:38:29.250	Actions E1: Demi-droite sur un côté du triangle Outil E1: Demi-droite: par deux points
00:38:30.820 - 00:38:31.950	Actions E1: Annule tout Outil E1: Annuler action
00:38:44.730 - 00:38:53.260	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:40:18.270 - 00:40:18.740	Généralités: 2_5
00:40:19.570 - 00:40:21.050	E1: Alors vas-y on va faire les plans maintenant
00:40:33.555 - 00:40:34.075	Généralités: 2_6: il y a déjà trois mesures prises entre les droites
00:40:34.095 - 00:41:26.565	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:41:26.200 - 00:41:38.090	E1: J'ai trouvé. Tu mesures d'un endroit à un autre. Tu prends un autre point. Si c'est exactement la même longueur... tu prends trois points, même... Si c'est exactement la même longueur pour les trois, alors là elles sont parallèles.
00:41:37.060 - 00:41:40.410	E2: Non parce que ça peut être... ça peut être...
00:41:40.660 - 00:41:46.320	E2: parce que si ça se trouve les droites elles sont presque presque presque... Mais si ça se trouve c'est pas assez précis pour te dire!
00:41:46.340 - 00:41:47.530	E1: Mais si justement!
00:41:47.870 - 00:41:51.490	E2: Il faut que tu les prennes à des distances énormes et [inaudible]
00:41:50.150 - 00:41:52.220	E1: Oui, des distances énormes!
00:41:56.520 - 00:42:00.330	E1: [à ext] Non mais attends Julie, excuse moi mais on a la correction et je sais ce qu'il faut faire!
00:42:05.290 - 00:42:10.210	E2: Monsieur! On a... Quand on a ouvert je suis tombée sur ça, et je me dis que c'est peut être pas forcément le bon fichier.
00:42:11.060 - 00:42:12.990	Enseignant(e): Bien vu...
00:42:29.630 - 00:42:30.310	Généralités: 2_6: normal
00:42:34.440 - 00:42:35.190	E1: Parfait!
00:42:36.500 - 00:42:37.570	Actions E1: Cherche à mesurer l'écart entre les deux droites Outil E1: Distance: deux droites
00:42:37.460 - 00:42:44.020	E1: Hum, donc, on va le mesurer...
00:42:42.740 - 00:42:46.110	E2: Fais ça regarde... Tu fais ça, un point là...
00:42:46.140 - 00:42:50.800	E2: Oh! Ben ça reste bien parallèle bien... [ils utilisent distance, et non longueur] Oh ben c'est trop cool!
00:42:50.920 - 00:42:52.920	E1: Pourquoi? Pourquoi c'est trop cool?
00:43:06.080 - 00:43:11.320	Outil E1: Plan: par deux droites
00:43:12.660 - 00:43:13.670	Outil E1: Plan: par deux droites
00:43:23.353 - 00:43:29.913	Enseignant(e): Pour ceux qui avancent, dans la partie 3 je vous demande de déterminer si Cabri va accepter de créer un plan par les deux droites

Etude de configurations de droites: deuxième groupe

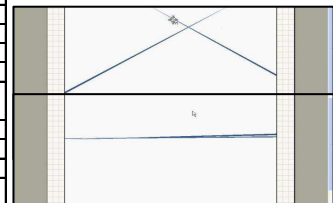
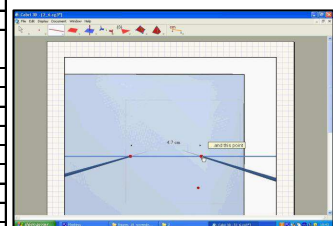
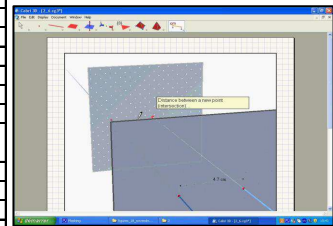
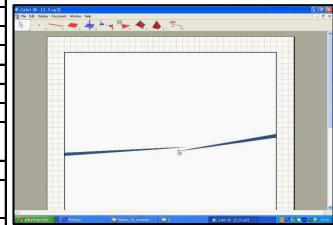
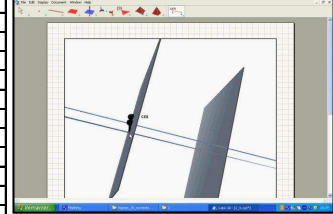
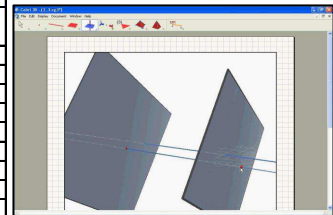
Temps	
00:03:11.725 - 00:03:13.835	E1: Quand on a ouvert la licence, on ouvre les figures?
00:03:14.425 - 00:03:18.175	Enseignant(e): Quand vous avez ouvert la licence vous mesurez les figures, voilà, c'est ça.
00:03:18.680 - 00:03:19.320	E1: D'accord.
00:03:20.280 - 00:03:21.280	Généralités: 1 1
00:03:29.360 - 00:03:58.040	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:36.400 - 00:03:53.560	E2: [lit la consigne]
00:03:58.840 - 00:04:01.440	E1: Là elles se coupent.
00:04:01.960 - 00:04:03.440	E2: Il faut savoir... Attends.
00:04:03.520 - 00:04:05.040	E1: Elles sont pas parallèles. Forcément, elles se coupent.
00:04:05.080 - 00:04:15.600	E2: "Attends. Vous devez déterminer pour les deux premiers groupes de figures seulement les cas où les droites proposées sont sécantes." Sécantes, ça veut dire qu'elles se coupent en un point!?
00:04:15.600 - 00:04:20.440	E1: Ouais. Ca c'est exactement... Deux droites non-parallèles se coupent forcément quelque part.
00:04:21.200 - 00:04:22.160	E2: Donc elles sont sécantes...
00:04:43.520 - 00:04:55.040	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:04:55.480 - 00:04:58.200	Actions E1: Tente de désigner le potentiel point d'intersection avec le pointeur Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:05:14.960 - 00:05:17.040	Généralités: Brouhaha
00:05:18.800 - 00:05:25.760	E1: Ben... Toutes droites non-parallèles... forcément on a un point!
00:05:51.720 - 00:05:52.760	Généralités: 1 2
00:05:53.640 - 00:05:56.080	E1: Ok, tu vois, là?
00:05:53.880 - 00:05:59.920	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:56.520 - 00:05:58.440	E2: C'est le deuxième truc?
00:05:58.760 - 00:06:02.080	E1: Et, voilà, c'est la même chose mais en plus court.
00:06:00.000 - 00:06:02.040	Actions E1: Cherche à désigner le point d'intersection à l'aide de la souris. Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:06:06.000 - 00:06:08.320	E1: Ben tu mets exactement la même chose...
00:06:08.400 - 00:06:08.760	E2: Ouais je sais.
00:06:10.480 - 00:06:14.040	E2: Ouais attends, il doit y avoir un truc, il doit y avoir un truc!
00:06:13.480 - 00:06:24.040	E1: Mais y a pas de feinte, regarde! Elles sont alignées sur un même plan, si elles sont pas parallèles y a un point... Y a pas de feinte... même chose que pour le premier.
00:06:27.640 - 00:06:34.400	E2: Monsieur? On dit qu'elles sont sécantes, mais là elles sont toutes sécantes, elles se croisent toujours en un point!
00:06:34.200 - 00:06:40.720	Enseignant(e): Ben si c'est facile, faut dire qu'elles sont sécantes! Vous en avez quinze à étudier, là vous avez regardé les deux premières...
00:06:40.960 - 00:06:42.480	E1: Ouais, pour l'instant on a fait les deux premières.
00:06:43.560 - 00:06:45.560	E2: Là c'est la figure 2? Bah, est-ce que je mets la même chose?
00:06:46.040 - 00:06:47.640	E1: Beh pour l'instant oui.
00:06:47.880 - 00:06:57.320	Enseignant(e): Non mais, je vous dis il y a des cas... J'ai fait cet exercice là avec des élèves qui avaient moins de connaissances que vous, ou des choses comme ça, donc il y a des cas qui vont être faciles...
00:06:57.440 - 00:06:59.340	E1: Et y en a des difficiles.
00:06:59.340 - 00:07:04.200	Enseignant(e): et l'arnaque c'est que des fois ça va vous paraître facile, et finalement ce sera pas si simple que ça.
00:07:04.260 - 00:07:05.120	E1: Ouais, y a un piège...
00:07:06.460 - 00:07:06.880	Généralités: 1 3
00:07:08.640 - 00:07:14.460	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:09.280 - 00:07:15.640	E1: Attends, je vais regarder si elles sont sur le même plan... Ouais... Bon je crois qu'en fait les trois tu vas mettre la même chose.
00:07:15.940 - 00:07:16.360	E2: Ouais?
00:07:16.740 - 00:07:19.340	E1: Been... Je pense que oui!
00:07:19.900 - 00:07:33.240	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:22.680 - 00:07:27.700	E1: Oui elles se coupent là! Y a pas de feinte, elles sont sur le même plan...
00:07:27.760 - 00:07:29.260	E2: Ouais c'est la même chose.
00:07:30.360 - 00:07:32.280	E1: Non, ouais y a pas de feinte...
00:07:32.520 - 00:07:33.040	E2: Je mets "idem"
00:07:37.380 - 00:07:38.120	Généralités: 1 4
00:07:38.900 - 00:07:39.700	E2: Encore idem?
00:07:39.160 - 00:07:55.160	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:43.360 - 00:07:48.120	E2: Elles sont sécantes, même si elles se coupent perpendiculairement elles sont sécantes!
00:07:51.440 - 00:07:55.080	E1: Je crois pas qu'il y ait de feinte... Elles se coupent, ouais...
00:07:55.560 - 00:07:58.520	E2: Ensuite? Figure 1_5.
00:08:02.400 - 00:08:03.520	Généralités: 1 5
00:08:03.640 - 00:08:28.520	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:08:04.000 - 00:08:06.400	E2: Eh ben là forcément elles vont toutes les deux vers le...
00:08:06.560 - 00:08:07.920	E1: Ben, tant qu'elles sont pas parallèles...
00:08:08.040 - 00:08:11.920	E2: Aah... Mais non, mais là c'est parce qu'on voit comme ça, mais... Ah ouais, je sais pas...
00:08:13.520 - 00:08:18.720	Généralités: Incompréhensible
00:08:20.200 - 00:08:22.680	E2: Et là, trace une perpendiculaire, par exemple.
00:08:24.360 - 00:08:26.960	E2: Essaie de tracer une perpendiculaire à une des droites.
00:08:27.760 - 00:08:30.640	E1: Ouais, si elles est perpendiculaire aux deux ça veut dire qu'elles sont parallèles.
00:08:29.840 - 00:08:31.200	E2: Ca veut dire que les droites sont parallèles.
00:08:32.400 - 00:08:37.680	Actions E1: Cherche l'outil perpendiculaire, mais un plan est représenté.
00:08:33.440 - 00:08:35.240	E2: Non, ça c'est une droite.
00:08:35.480 - 00:08:44.880	E1: Ouais, ça doit être dans les droites. Parallèle... Perpendiculaire, elle est là!
00:08:45.120 - 00:08:49.960	Actions E1: Perpendiculaire à D1 par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:08:53.360 - 00:08:57.320	E2: Arrête, arrête! Fais "enter"!
00:08:58.240 - 00:08:59.320	E1: Euuuh...
00:09:00.640 - 00:09:01.640	E2: Tourne!
00:09:01.760 - 00:09:10.440	Actions E1: Place le plan orthogonalement au plan frontal. Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:09:03.920 - 00:09:05.480	E2: Ouais, elles sont parallèles hein!
00:09:11.120 - 00:09:14.240	E1: Attends on va vérifier quand même, regarde, tac, centimètre...
00:09:11.240 - 00:09:15.800	Outils E1: Distance: deux droites
00:09:19.760 - 00:09:23.920	E2: Ah ouais ouais, non non j'ai une meilleure idée! Attends j'ai une meilleure idée!
00:09:21.320 - 00:09:25.280	Actions E1: Distance entre les deux points d'intersection avec le plan. Outils E1: Distance: deux points
00:09:23.120 - 00:09:24.520	E1: Attends je vais mesurer.
00:09:24.600 - 00:09:28.800	E2: Mais j'ai une meilleure idée! 50, voilà, et mesure au dessus!
00:09:27.800 - 00:09:28.680	E1: Et ouais...
00:09:27.800 - 00:09:31.560	Actions E1: Tente de mesurer la distance "au dessus" du plan, mais mesure la distance entre les deux droites, ce qui fait disparaître le message. Outils E1: Distance: deux droites
00:09:31.600 - 00:09:32.440	E2: Elles sont pas parallèles.
00:09:33.680 - 00:09:39.040	E1: Ben! Où elle est allé? C'est quasiment l'effet d'optique!



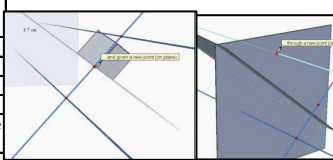
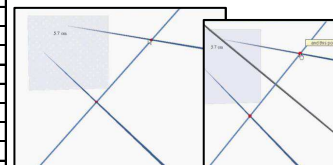
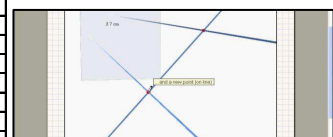
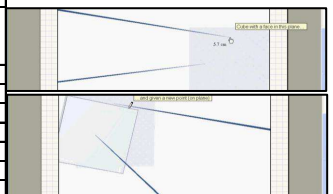
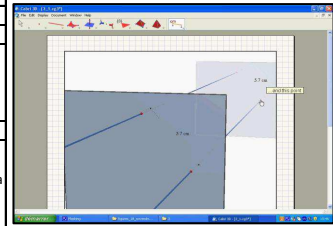
00:09:35.040 - 00:09:38.800	Actions E1: Tente de mesurer la distance "au dessus" du plan, mais mesure la distance entre les deux droites, ce qui fait disparaître le message. Outils E1: Distance: deux droites
00:09:42.300 - 00:09:51.300	E1: Mais non, mais ils me font le point du... Attends je vais faire d'abord le point, comme ça il va [incompréhensible]
00:09:51.400 - 00:09:52.600	Actions E1: Point sur D2 Outils E1: Point: sur objet
00:09:59.300 - 00:10:20.000	E1: Ah non attends je vais encore faire une perpendiculaire parce que sinon je serai pas forcément, tu sais je serai... je risque de monter un peu plus haut, ça risquerait de fausser la... Attends je vais en faire une deuxième... Comme ça on est à peu près sûrs de nos points... Voilà, maintenant y a plus qu'à calculer la mesure, vu que c'est perpendiculaire aux deux...
00:10:08.900 - 00:10:13.200	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par le point de D2 créé Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:10:15.600 - 00:10:19.560	Actions E1: Distance entre les deux points d'intersection avec le plan. Outils E1: Distance: deux points
00:10:20.960 - 00:10:22.520	E1: 5.8.
00:10:21.200 - 00:10:25.400	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:10:22.920 - 00:10:23.400	E2: et là c'était 5!
00:10:23.960 - 00:10:25.760	E1: Alors que là en dessous il y avait 5.
00:10:28.400 - 00:10:30.280	E2: Donc c'est oui, les droites sont parallèles.
00:10:30.960 - 00:10:32.560	E1: Ben non elles sont pas parallèles!
00:10:44.640 - 00:10:46.320	Généralités: 1 6
00:10:48.440 - 00:11:03.120	E2: Attends, attends! Elles ne sont pas parallèles car... on a placé des points de chaque côté
00:10:54.160 - 00:11:09.320	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:03.680 - 00:11:06.840	E1: Celle-là c'est la même.
00:11:09.920 - 00:11:12.360	Actions E1: Désigne l'éventuel point d'intersection à l'aide du pointeur. Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:11:23.440 - 00:11:26.880	E1: Ben là je pense que c'est pareil, elles se coupent encore.
00:11:27.920 - 00:11:28.720	E2: Comment?
00:11:28.680 - 00:11:39.560	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:29.080 - 00:11:30.000	E1: Regarde...
00:11:30.240 - 00:11:31.720	E2: Ben là elles se coupent!
00:11:31.520 - 00:11:32.440	E1: Même plan...
00:11:32.760 - 00:11:34.480	E2: On voit au bout qu'elles se coupent!
00:11:35.960 - 00:11:39.000	E1: Oui, on voit au bout! On voit qu'elles sont pas parallèles!
00:11:53.480 - 00:11:54.320	Généralités: 1 7
00:11:55.120 - 00:12:02.720	Actions E1: Affiche les droites superposées Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:59.440 - 00:12:03.720	E2: Tu vois? Elles se coupent, elles sont sécantes!
00:12:03.920 - 00:12:05.080	E1: Ouais, elles se coupent.
00:12:07.360 - 00:12:22.160	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:19.120 - 00:12:20.840	E2: Meuh non, elles se croisent pas!
00:12:20.680 - 00:12:22.000	E1: Ah non je crois que j'ai un doute, là, attends!
00:12:34.440 - 00:12:35.040	Généralités: 2 1
00:12:35.320 - 00:12:45.440	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:42.720 - 00:12:47.240	E2: Là il faut faire la même chose que tout à l'heure! C'est toujours le même cas, c'est pareil...
00:12:47.280 - 00:12:52.080	E1: C'est un effet d'optique ça, tu sais quand tu vois deux lignes, elles se [??] au fur et à mesure. Ca c'est les yeux...
00:12:52.040 - 00:12:53.680	E2: Comme, tu vois, quand tu crois que le soleil touche la terre, et tout...
00:12:54.000 - 00:12:57.600	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:12:57.560 - 00:12:58.600	E1: Voilà, ensuite j'en fait un deuxième.
00:12:58.400 - 00:13:02.000	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:12:59.480 - 00:13:00.360	E2: Non.
00:13:00.400 - 00:13:01.240	E1: Si, pour mesurer l'écart.
00:13:01.320 - 00:13:02.160	E2: Ben alors mets le là, non?
00:13:02.200 - 00:13:03.000	E1: Voilà, tu vois?
00:13:03.120 - 00:13:04.640	E2: Ok, stop!
00:13:04.800 - 00:13:09.280	Actions E1: Distance entre les deux points d'intersection: premier plan. Outils E1: Distance: deux points
00:13:04.840 - 00:13:07.920	E1: Attends, je mesure! Comme ça je suis sûr que les points sont parallèles...
00:13:09.200 - 00:13:10.440	E1: 2.3 ceux-ci.
00:13:10.480 - 00:13:11.600	E2: 2.3, ok.
00:13:10.520 - 00:13:15.000	Actions E1: Distance entre les deux points d'intersection: premier plan. Outils E1: Distance: deux points
00:13:14.520 - 00:13:18.800	E2: 2.6, c'est pas bon! Et ouais!
00:13:18.920 - 00:13:21.680	E1: Lui... Pas parallèles.
00:13:26.800 - 00:13:38.520	E2: [rédige] Quatre points sur les deux droites... Les résultats...
00:13:38.720 - 00:13:41.000	E1: Donc forcément elles se coupent.
00:14:06.920 - 00:14:07.520	Généralités: 2 2
00:14:09.240 - 00:14:29.600	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:18.800 - 00:14:21.040	E1: Attends, comment on fait pour zoomer?
00:14:27.120 - 00:14:29.600	E2: 2 2 c'est la même chose, on voit qu'elles se croisent!
00:14:29.680 - 00:14:35.480	E1: Ouais, mais elles se coupent pas, elles se... Il y a en a une perpendi... Y a un espace entre les deux, t'as pas vu? Regarde, y a un trou!
00:14:32.520 - 00:14:34.840	Actions E1: Tente de désigner un point d'intersection Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:14:35.320 - 00:14:51.280	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:14:35.720 - 00:14:38.360	E2: Eh ben oui, mais regarde, tourne! Tu vois?
00:14:38.320 - 00:14:40.120	E1: Ouais ouais!
00:14:39.840 - 00:14:40.720	E2: Mais t'es trop bête!
00:14:40.880 - 00:14:41.800	E1: Elles se coupent pas!
00:14:41.840 - 00:14:42.800	E2: Mais si elles se coupent!
00:14:42.840 - 00:14:44.000	E1: Elles sont l'une sur l'autre!
00:14:44.120 - 00:14:46.840	E2: Non, regarde, tourne! Regarde, tu vois bien qu'elles se coupent!
00:14:46.960 - 00:14:50.840	E1: Ouais mais je sais pas! Est-ce que tu considères que ça se coupe même quand ils se touchent pas?
00:14:51.760 - 00:14:52.720	E2: Ben ouii!
00:14:54.880 - 00:15:01.760	E2: Monsieur? J'ai une petite question d'ordre mathématique...
00:15:42.960 - 00:15:46.880	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:47.120 - 00:15:50.760	E1: Attends, y a une feinte, y a pas d'air! Non, y a de l'air, quoi!
00:15:51.440 - 00:15:56.160	E2: Cette feinte... Ok on met la 2 3.
00:15:56.680 - 00:15:57.320	Généralités: 2 3
00:15:58.320 - 00:15:59.360	E2: Ouif!
00:15:58.480 - 00:16:07.400	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:16:01.120 - 00:16:01.880	E1: Ouais, pareil!
00:16:01.920 - 00:16:02.840	E2: Voilà, c'est la même!
00:16:04.200 - 00:16:06.840	E1: Alors, t'as vu ça?
00:16:11.120 - 00:16:11.160	E2: 2 4!
00:16:11.720 - 00:16:16.400	E1: Attends attends! Il faut savoir quoi, en fait, sur les figures, là? On demande quoi exactement?
00:16:16.440 - 00:16:19.440	E2: Non mais là on demande la même... Monsieur, on demande si elles se coupent?



00:16:19.840 - 00:16:20.920	Enseignant(e): Oui!
00:16:21.560 - 00:16:22.840	E1: Ok attends, je vais voir un truc
00:16:22.560 - 00:16:24.280	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:16:26.800 - 00:16:28.520	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:16:28.200 - 00:16:29.080	E2: Quoi, tu regardes?
00:16:29.480 - 00:16:34.000	E1: Je regarde d'un plan à un autre plan, regarde! Tu vois, regarde!
00:16:31.880 - 00:16:42.080	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:16:35.240 - 00:16:36.280	E2: Quoi?
00:16:36.440 - 00:16:38.840	E1: Non, je regarde...
00:16:43.160 - 00:16:45.120	E2: bon vas-y, fais la suite.
00:16:43.680 - 00:16:46.880	Actions E1: D1D2: la distance n'est pas affichée à l'écran Outils E1: Distance: deux droites
00:16:44.960 - 00:16:46.080	E1: non, attends.
00:16:46.920 - 00:16:49.520	Actions E1: Distance entre deux points d'intersection Outils E1: Distance: deux points
00:16:46.920 - 00:16:49.520	E2: Pourquoi t'attends? Mais on s'en fiche, on a trouvé!
00:16:52.320 - 00:16:53.480	E1: Oh calme toi...
00:16:52.760 - 00:16:55.360	Actions E1: Distance entre deux points d'intersection Outils E1: Distance: deux points
00:16:53.480 - 00:16:54.880	E2: On s'en fout on a trouvé!
00:16:56.320 - 00:16:58.160	E1: Pleure pas...
00:16:56.960 - 00:17:00.800	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:17:06.120 - 00:17:07.400	Généralités: 2 4
00:17:08.160 - 00:17:15.760	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:17:11.640 - 00:17:13.080	E1: Mais la feinte elle est...
00:17:12.960 - 00:17:14.240	E2: Elle est nulle!
00:17:23.240 - 00:17:31.080	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:17:33.600 - 00:17:37.200	E2: Allez, fais la suite! La 2 5!
00:17:37.640 - 00:17:38.680	Généralités: 2 5
00:17:39.520 - 00:17:42.960	E2: Tourne, là-bas! Va voir là bas!
00:17:39.520 - 00:17:48.600	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:17:45.080 - 00:17:50.160	E2: Attends! Tourne! Stop, stop! Ouais, elles se coupent pas, elles se coupent pas!
00:17:57.360 - 00:17:58.360	E2: Vas-y, fais la suite!
00:18:02.800 - 00:18:03.600	Généralités: 2 6
00:18:04.080 - 00:18:09.040	E2: [rires] Oh, là faut faire avec les perpendiculaires.
00:18:04.400 - 00:18:07.440	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:18:09.360 - 00:18:12.160	Actions E1: Commence à construire un plan perpendiculaire.
00:18:09.400 - 00:18:19.600	E2: Non non non! Refais comme tout à l'heure! Tu montres, ouais mais tu montes, tu montes, voilà stop! Mets-les comme ça, comme ça on voit les deux plans, un là et un là! Tu vois ce que je veux dire?
00:18:12.480 - 00:18:16.160	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:18:16.720 - 00:18:18.440	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:18:23.320 - 00:18:25.040	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:18:28.600 - 00:18:31.200	Actions E1: Distance entre deux points d'intersection Outils E1: Distance: deux points
00:18:32.960 - 00:18:34.120	E1: 4.7
00:18:34.160 - 00:18:34.960	E2: Et l'autre là bas c'était combien?
00:18:38.080 - 00:18:40.680	Actions E1: Distance entre deux points d'intersection Outils E1: Distance: deux points
00:18:39.640 - 00:18:40.640	E1: 4.4!
00:18:42.520 - 00:18:47.080	E2: 4.4, 4.7, ça veut dire qu'elles se c... euh...
00:18:46.080 - 00:18:47.400	E1: Elles se coupent forcément!
00:18:47.560 - 00:18:56.280	E2: Ouais mais... Techniquement, on ne sait pas vraiment! Parce que si c'est comme tout à l'heure... Bah on va dire qu'elles se coupent!
00:18:56.320 - 00:19:03.240	E1: Ah oui t'as raison, si il y a de l'air entre les deux, là... Ah oui... comment tu détermine ça...
00:19:06.440 - 00:19:17.920	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:19:18.680 - 00:19:24.120	E1: Attends, je vais tracer une perpendiculaire à ça, alors...
00:19:20.520 - 00:19:28.400	Actions E1: Trace un plan identique au second plan perpendiculaire. Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:19:28.960 - 00:19:32.600	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:19:33.680 - 00:19:57.640	Actions E1: Essais infructueux et non maîtrisés de tracés de perpendiculaires.
00:20:04.080 - 00:20:05.040	E2: Bon alors on en est où?
00:20:05.840 - 00:20:07.640	E1: J'essaie de faire un truc pour voir.
00:20:07.680 - 00:20:09.120	E2: Mais pourquoi tu refais ça?
00:20:09.080 - 00:20:20.000	E1: J'essaie de voir, tu sais parce que, là on sait qu'elles vont... Tu sais quand tu regardes, elles sont alignées... Est-ce qu'elles sont alignées sur un même plan?
00:20:16.880 - 00:20:22.040	Actions E1: Droite par les intersections avec le second plan Outils E1: Droite: par deux points
00:20:21.360 - 00:20:28.400	E1: Ouais, elles sont alignées sur un même plan, exactement! Elles sont alignées. Donc c'est bon elles se coupent.
00:20:30.720 - 00:20:31.560	Généralités: 2 7
00:20:32.240 - 00:21:06.720	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:20:33.800 - 00:20:35.320	E1: Encore une fois...
00:20:38.800 - 00:20:42.000	E1: Je vois pas très bien... [essaie de superposer les droites à l'écran]
00:20:48.720 - 00:20:50.640	E2: Et donc?
00:20:51.440 - 00:20:53.520	E1: L'intersection elle se voit...
00:20:56.760 - 00:20:58.920	E2: Ok on peut passer à 2 7
00:21:01.280 - 00:21:05.200	E2: Ouais elles sont forcément sécantes, on a vu que ça croise, ça, donc...
00:21:09.560 - 00:21:10.160	Généralités: 2 8
00:21:21.840 - 00:21:24.640	E2: Vas-y c'est quoi la suite? Regarde là bas si elles...
00:21:24.640 - 00:21:26.880	E1: C'est ce que j'essaie de faire mais...
00:21:27.920 - 00:21:29.120	E2: Qu'est ce que t'as fait?
00:21:34.480 - 00:21:36.560	E1: L'ordinateur, il rame.
00:22:26.920 - 00:22:38.040	Actions E1: Deux points de vue: les droites dans le plan de l'écran et "de profil" Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:22:31.760 - 00:22:35.040	E2: Alors vas-y! Bah elles sont sécantes, il y a un point commun!
00:22:37.400 - 00:22:38.360	E1: Ouais.
00:22:43.040 - 00:22:49.720	E2: Ok, on passe à la... plus rien! Monsieur? On a fini!
00:22:51.280 - 00:22:52.640	Généralités: 3 1
00:22:55.680 - 00:22:59.320	Enseignant(e): Qu'est-ce que vous avez regardé en fait, pour déterminer si elles se coupent ou pas?
00:22:59.360 - 00:23:09.600	E2: Alors au début on a juste tourné les droites, on les a fait tourner comme ça, et on a vu qu'elles se coupaient en un point. Et quand on avait un doute, ce qu'on a fait c'est...
00:23:09.840 - 00:23:13.000	E1: On a mis des perpendiculaire et on a mesuré la...
00:23:13.000 - 00:23:18.160	E2: Ouais on a mis des perpendiculaires, on a mis deux points et on a calculé le... là...
00:23:18.240 - 00:23:19.320	Enseignant(e): Montrez moi, sur une figure.
00:23:19.480 - 00:23:26.880	E2: [à E1] Ben vas-y, sur celle-là par exemple! [à l'enseignant] On fait ça... [construire un point perpendiculaire]
00:23:21.800 - 00:23:23.520	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:23:25.320 - 00:23:26.320	Enseignant(e): D'accord.



00:23:29.160 - 00:23:30.880	Actions E1: Perpendiculaire à D1, par un point de D2 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:23:31.920 - 00:23:37.760	E2: Voilà! Alors ensuite on mesure la taille entre ce point là et ce point là...
00:23:34.920 - 00:23:37.520	Actions E1: Distance entre deux points d'intersection Outils E1: Distance: deux points
00:23:38.320 - 00:23:47.200	E1: Pour être sûrs qu'on prend pas en décalé et qu'on a les bonne longueurs. On a pris les perpendiculaires parce qu'on est sûrs que c'est les mêmes points. Et là elles sont parallèles.
00:23:41.160 - 00:23:43.760	Actions E1: Distance entre deux points d'intersection Outils E1: Distance: deux points
00:23:42.720 - 00:23:44.800	E2: Voilà, et là on prend... vas-y...
00:23:47.400 - 00:23:50.200	E2: 5.7 ça veut dire qu'elles sont parallèles, donc elles ont aucun point commun.
00:23:50.240 - 00:24:31.920	Enseignant(e): D'accord. Effectivement ça fonctionne, le seul problème c'est que là vous... Enfin vous êtes d'accord que vous êtes quand même tributaires de la précision du logiciel? C'est-à-dire que... Moi je vais vous faire un exemple... On prend des droites... Je les fais pas parallèles, d'accord? Je vais faire deux plans... [réalise les constructions] Et puis je vais mesurer les distances.
00:24:34.960 - 00:24:39.480	Enseignant(e): Et maintenant je vais regarder comment je peux bouger.
00:24:48.240 - 00:25:26.280	Enseignant(e): Là vous êtes d'accord que j'ai deux positions où je suis à 4.9... Là je suis à 5, mais j'ai deux positions aussi [déplace une droite, mais la seconde mesure ne change pas] Donc en fait le problème c'est que, si vous avez la mesure, elles sont relativement parallèles, mais la question c'est de savoir jusqu'à quel point? Est-ce qu'elles sont vraiment parallèles, ou est-ce que c'est juste des droites qui ont l'air d'avoir quand même une tête parallèle? Moi c'est la seule limite que je vois à votre argument: effectivement ça fonctionne bien, mais y a un moment où il va bloquer parce que le logiciel c'est pas une précision infinie...
00:25:26.600 - 00:25:27.880	E1: D'accord...
00:25:28.080 - 00:25:32.000	Enseignant(e): Donc ce que j'aimerais c'est que vous trouviez un moyen pour, justement, éviter d'avoir ce genre de problème.
00:25:32.080 - 00:25:33.200	E1: D'accord.
00:25:58.520 - 00:26:01.640	E1: On peut pas zoomer sur ce machin et aller voir un peu mieux?
00:26:26.160 - 00:26:43.880	Actions E1: Déplace l'un des plans orthogonaux à l'aide du point permettant sa définition. Outils E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:26:33.280 - 00:26:38.480	E1: Quand on le fait bouger, il y a toujours 5.7...
00:26:42.480 - 00:26:44.480	E2: C'est bon monsieur, on a trouvé comment faire!
00:26:44.600 - 00:26:50.080	E1: Ben non, ça servira à rien! Si il indique 5.7 il l'indiquera partout, si elles sont parallèles!
00:26:50.160 - 00:26:52.840	E2: Ben oui, donc là on a fait plusieurs points et...
00:26:52.920 - 00:26:55.400	E1: Ah mais attend si je l'éloigne jusqu'au bout...
00:26:55.480 - 00:27:03.040	E2: [à l'enseignant] On a bougé le plan, et à chaque fois ça reste 5.7, donc ça veut dire que c'est pareil. Et il suffit de deux points pour que ce soit pareil!
00:27:07.040 - 00:27:10.080	E2: [à E1] Eh tu fais quoi, tu joues là!
00:27:11.240 - 00:27:12.240	Enseignant(e): J'arrive.
00:27:13.320 - 00:27:16.160	E1: Non j'essaie de le bloquer. Ouais mais si tu l'éloignes au bout d'un moment, qu'il change toujours pas de mesure...
00:27:16.440 - 00:27:23.160	E2: Ben non! Ca veut dire qu'il est pas forcément parallèle! Qu'il soit à 5.7 à 10 kilomètre ou à 10 centimètres c'est pareil!
00:27:23.120 - 00:27:26.960	E1: Oui mais quand t'as deux droites parallèles là il y a un petit écart mais au bout il est quand même immense.
00:27:27.360 - 00:27:36.040	Enseignant(e): Oui mais là c'est un petit écart parce que je l'ai fait en cinq secondes. Si tu fais vraiment bien attention, tu peux arriver...
00:27:36.160 - 00:27:36.800	E1: Ouais à avoir un...
00:27:36.800 - 00:27:38.880	Enseignant(e): à avoir des droites qui sont parallèles pendant vraiment longtemps...
00:27:38.880 - 00:27:40.080	E1: Ouais et après...
00:27:40.200 - 00:27:42.120	E2: Mais ça on devrait savoir puisqu'on peut pas aller jusqu'au bout!
00:27:42.160 - 00:28:10.040	Enseignant(e): Voilà c'est le problème en fait, c'est le problème justement de cette méthode là, où effectivement ça marche bien, mais moi ce qui m'embête c'est cette histoire de la mesure dans le logiciel. Si vous mesurez dans le logiciel, ça vous donnera une information. Mais vous pouvez pas être sûrs... Enfin moi je suis pas sûr à 100% qu'elles sont parallèles. Peut être qu'elles sont un tout petit peu inclinées, et que ça se voit pas ou que c'est pas suffisamment...
00:28:10.360 - 00:28:11.280	E2: Oui...
00:28:16.320 - 00:28:32.240	E1: [à E2] Parce que tu sais quand t'as deux droites parallèles... T'en as une, au bout d'un moment... Enfin, elles sont parallèles, mais au bout d'un moment. Faut une précision de fou pour pouvoir dire que les droites elles sont parallèles.
00:28:54.720 - 00:29:13.040	E1: Ah, peut être qu'en faisant un truc! Eh! En faisant un rectangle! Si t'arrives à faire un rectangle et qu'il marche... Qu'il rentre dans les droites, c'est qu'elles sont parallèles! Ah ou un cube, allez vas-y, on fait un cube!
00:29:08.560 - 00:29:44.920	Actions E1: Tente de faire un cube dont les droites portent deux arêtes: échec.
00:29:14.560 - 00:29:17.600	E2: Ouais mais le logiciel il est pas spécialement très...
00:29:17.600 - 00:29:20.800	E1: Non le cube il est parfait, le cube il n'y a pas de doute, ses droites sont parallèles.
00:29:23.720 - 00:29:27.920	E2: Ben tu fais ce que tu veux, mais moi je te dis que, been...
00:29:33.280 - 00:29:35.200	E2: Ah ouais, ah ouais! [difficultés de construction]
00:29:35.200 - 00:29:38.480	E1: Ah d'accord donc là faut que je fasse un autre point, ça veut dire?
00:29:39.280 - 00:29:47.720	E2: Moi je pense que ça marchera pas! Parce que il a [??] mais le logiciel est pas spécialement...
00:29:45.480 - 00:29:49.000	Actions E1: Droite sécante à D1 et D2 Outils E1: Droite: par deux points
00:29:49.600 - 00:29:54.760	Actions E1: Tente de construire le milieu des deux points d'intersection, perceptivement. Renonce.
00:29:55.320 - 00:30:10.640	Actions E1: Tente de construire un cube s'appuyant sur les deux points.
00:30:21.680 - 00:30:24.360	E1: Je veux faire un cube!
00:30:27.360 - 00:30:30.440	E1: il veut pas sélectionner ce point là!
00:30:33.880 - 00:30:43.920	Actions E1: Envisage de construire le milieu des deux points d'intersection, renonce de nouveau.
00:30:42.640 - 00:30:44.600	E1: Comment mesurer?
00:30:50.480 - 00:30:56.400	Actions E1: Plan médiateur du segment joignant les deux droites. Outils E1: Plan médiateur: deux points
00:30:58.840 - 00:31:02.040	E1: Ah je l'ai mon point!
00:30:59.880 - 00:31:03.960	Actions E1: Intersection de la droite et du plan médiateur Outils E1: Point: intersection
00:31:04.400 - 00:31:20.680	Actions E1: Tente de construire un cube centré en ce point et portant l'une des droites: échec.
00:31:22.880 - 00:31:26.120	E1: Comment on le fait?
00:31:22.920 - 00:31:35.040	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:31:35.880 - 00:31:39.720	E1: Faut que je fasse un plan perpendiculaire!
00:31:41.160 - 00:31:46.000	Actions E1: Perpendiculaire à D1 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:31:46.080 - 00:31:47.040	E2: Qu'est ce qu'il y a?
00:31:47.280 - 00:31:50.200	E1: Je crois que j'ai trouvé un moyen mais... Regarde.
00:31:50.320 - 00:31:51.560	Généralités: Réinitialise 3_1
00:31:51.600 - 00:31:58.280	E1: Regarde, je relance la figure. Bon, nous on pense qu'elle est parallèle, si tu veux.
00:31:58.520 - 00:32:28.560	Actions E1: Cherche à construire un plan perpendiculaire à D1. E1 y parvient à l'aide de l'outil "plan médiateur" Outils E1: Plan médiateur: deux points
00:32:31.400 - 00:32:34.200	Outils E1: Annule
00:32:45.720 - 00:32:58.280	Actions E1: Demi-plan par deux points de D1 et un point de D2 Outils E1: Demi-plan: trois points
00:32:52.000 - 00:32:54.160	E2: Tu fais quoi, là?
00:33:02.040 - 00:33:11.800	E1: Et voilà j'ai mon plan! Maintenant tu sais par exemple, si j'essaie de faire un cube...
00:33:11.960 - 00:33:25.240	Actions E1: Tente de construire un cube portant les deux droites: centre ajusté. Outils E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:33:28.400 - 00:33:39.120	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue



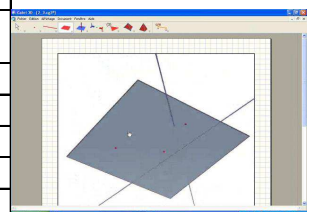
Etude de configurations de droites: troisième groupe

Temps	
00:03:06.490 - 00:03:12.330	Enseignant(e): Consigne
00:09:32.780 - 00:09:33.230	Généralités: 1_1
00:09:41.430 - 00:09:41.730	Enseignant(e): [consigne]
00:09:41.810 - 00:10:09.640	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:09:48.390 - 00:09:49.140	E2: Bah elles se croisent, là.
00:09:49.120 - 00:09:49.590	E1: Bah oui elles se croisent!
00:09:50.750 - 00:09:51.850	E3: [à l'enseignant] Et on doit dire pourquoi?
00:09:52.060 - 00:09:52.890	Enseignant(e): Oui, tant qu'à faire.
00:09:54.780 - 00:09:56.280	E1: Parce qu'elles sont pas parallèles!
00:09:57.460 - 00:09:58.690	E2: Bah parce qu'on voit là...
00:09:59.910 - 00:10:01.280	E3: Là où elles se croisent
00:10:07.570 - 00:10:08.270	E3: Qu'est ce que tu fais?
00:10:08.400 - 00:10:09.640	E1: Je sais pas...
00:10:11.880 - 00:10:14.210	E1: Quoique ça peut être aussi l'effet d'optique, hein!
00:10:14.705 - 00:10:15.395	E2: Mais rien à voir!
00:10:15.170 - 00:10:19.070	E3: Non parce que tu vois qu'elles se croisent, là, comme ça, et elle elle passe par dessus.
00:10:19.280 - 00:10:23.210	E2: Dis... Dis, la première: "parce que elles sont pas parallèles"
00:10:23.618 - 00:10:27.568	E3: Mais non, elles sont pas parallèles, faut pas faire les cruches jusqu'au bout, quand même...
00:10:28.820 - 00:10:33.210	E2: Bah et c'est quoi, deux... deux droites si elles se croisent pas c'est qu'elles sont pas parallèles, hein!
00:10:33.080 - 00:10:35.270	E3: Oui mais je veux dire, faut dire qu'est ce qu'on...
00:10:57.490 - 00:10:59.120	E1: [fort] on fait comment le zoom?
00:11:14.570 - 00:11:15.470	Généralités: change d'échelle
00:11:14.570 - 00:11:15.470	E1: Ah ben voilà!
00:11:25.210 - 00:11:26.220	E3: Ben là elles se croisent!
00:11:26.870 - 00:11:31.810	Outils E1: Manipulation: déplacement de la fenêtre de vision
00:11:31.860 - 00:11:34.360	E2: Ah ben on l'a l'intersection, là, c'est sûr!
00:11:34.280 - 00:11:36.120	E3: Là elle y est!
00:11:35.960 - 00:11:37.350	Enseignant(e): Vous êtes sûres? C'est un peu dans le brouillard, quand même...
00:11:38.220 - 00:11:39.720	E2: Non, mais... non, on l'a!
00:11:40.020 - 00:11:42.400	Actions E3: C'est le dégradé de couleur!
00:11:43.040 - 00:11:44.740	Enseignant(e): Oui, mais est-ce que vous êtes vraiment sûres de ça?
00:11:44.760 - 00:11:45.320	E1: Oui!
00:11:44.760 - 00:11:45.320	E2: Oui!
00:11:45.320 - 00:11:46.750	E3: Elles peuvent être superposées, aussi!
00:11:47.580 - 00:11:48.570	E2: Oui, et alors?
00:11:49.970 - 00:11:52.730	Actions E2: Mais non, si elles partent du même plan...
00:11:57.670 - 00:11:59.730	Enseignant(e): Très bien, si vous considérez que ça suffit, pas de problème.
00:12:08.790 - 00:12:10.570	E1: Bon bah on passe à la deuxième image.
00:12:11.120 - 00:12:12.250	Généralités: 1_2
00:12:15.970 - 00:12:18.910	E1: Vous avez vu, c'est tout le temps les mêmes droites! Parce qu'on a compris maintenant ce qu'il fallait faire.
00:12:19.130 - 00:12:19.690	E1: Elles se croisent ou pas?
00:12:22.470 - 00:12:22.970	E2: Ouais!
00:12:22.910 - 00:12:23.760	E3: Bah oui elles se croisent!
00:12:24.910 - 00:12:25.630	E2: Pourquoi?
00:12:31.110 - 00:12:32.160	E2: Oh! Pointe! [la souris est sur le point d'intersection]
00:12:33.650 - 00:12:34.200	E1: Je pointe.
00:12:34.390 - 00:12:35.560	E3: Non non, mets un point!
00:12:36.640 - 00:12:39.540	E3: Tu mets un point. Point d'intersection!
00:12:37.050 - 00:12:51.900	Actions E1: cherche à construire le point d'intersection des deux droites. Outils E1: Point d'intersection: directement
00:12:38.360 - 00:12:39.700	E1: Point d'intersection!
00:12:41.790 - 00:12:43.010	E2: Ouaiiis!
00:12:42.940 - 00:12:43.950	E1: Nouveau point...
00:12:42.980 - 00:12:47.290	E3: Un nouveau point d'intersection, ça veut dire qu'il est sur les deux du coup...
00:12:47.290 - 00:12:49.750	E1: Ouais, et si je le mets là, ça marche pas...
00:12:54.630 - 00:12:56.030	E3: Et ça c'est la droite 1? Toujours 1?
00:12:56.110 - 00:12:56.640	E2: Non ça c'est la 2.
00:12:57.180 - 00:12:58.700	E3: Et la 2 moi je mets quoi?
00:12:58.860 - 00:13:02.090	E1: Eh ben on... quand on prend le... le point d'intersection...
00:13:00.780 - 00:13:02.450	E3: ...avec le... non mais moi je dis la 1!
00:13:02.910 - 00:13:04.610	E2: Eh ben la 1 remets pareil!
00:13:13.830 - 00:13:14.400	Généralités: 2_1
00:13:16.920 - 00:13:26.410	Outils E1: Point d'intersection: de deux objets
00:13:18.010 - 00:13:19.240	E3: Et tu fais ça tout le long...
00:13:20.410 - 00:13:20.770	E2: Ouais.

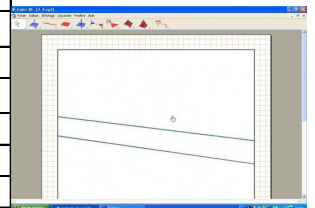
00:13:21.200 - 00:13:27.060	E2: Tu fais "grâce au programme", "grâce à l'outil point d'intersection, on peut voir que les droites", euh... se coupent.
00:13:28.410 - 00:13:29.120	Généralités: 1_3
00:13:31.820 - 00:13:33.640	E1: On va quand même pas faire ça tout le long!
00:13:32.560 - 00:13:35.340	E3: Si je l'écris à... à la française, euh... il m'en veut?
00:13:33.470 - 00:13:36.480	Outils E1: Point d'intersection: de deux objets
00:13:36.480 - 00:13:37.680	E1: Bon, bah elles se croisent toutes, hein.
00:13:41.170 - 00:13:43.200	E3: 3 aussi...
00:13:47.930 - 00:13:51.780	E3: Oui mais c'est pas... On va pas dire "intersection" tout le temps, là c'est pas... c'est perpendiculaire!
00:13:52.800 - 00:13:54.430	E1: Non faut dire que si elles sont..
00:13:55.840 - 00:13:57.120	E1: Faut dire si elles sont perpendiculaires ou pas?
00:13:57.630 - 00:14:00.610	E2: Je sais pas, mais on va pas dire tout le temps "parce qu'il y a un point d'intersection"!
00:13:59.970 - 00:14:02.970	E1: Justement, c'est ça que je me disais, c'est un peu chelou, t'as vu...
00:14:02.770 - 00:14:03.120	Généralités: 1_5
00:14:07.860 - 00:14:08.700	Actions E1: Change d'échelle
00:14:16.390 - 00:14:24.830	Actions E1: N'utilise pas l'outil, survole simplement les deux droites sans les sélectionner. Outils E1: Point d'intersection: de deux objets
00:14:22.410 - 00:14:24.170	E3: Et on peut mettre ou pas la même réponse?
00:14:44.570 - 00:14:46.690	E2: Alors moi je pense que dans l'ombre, là...
00:14:48.655 - 00:14:49.985	E1: On peut pas le savoir, là!
00:14:50.505 - 00:14:53.675	E2: Vas-y essaie de faire le truc avec le point d'intersection.
00:14:54.352 - 00:14:56.202	E1: Qu'est ce qu'ils font?
00:14:59.632 - 00:15:01.712	E1: Ils font des angles, et tout...
00:15:04.062 - 00:15:07.062	E1: Mais c'est obligé qu'elles sont pas parallèles, là...
00:15:07.150 - 00:15:11.900	E2: Mais si, c'est la perspective, quand tu vois ta route devant toi...
00:15:10.080 - 00:15:11.760	E3: Là, essaie de mettre là bas!
00:15:12.290 - 00:15:15.610	E2: Eh ben tu la vois en triangle, mais elle est toute droite!
00:15:13.580 - 00:15:15.910	E3: Là, essaie de mettre là bas si il y a un point d'intersection.
00:15:15.080 - 00:15:17.850	E1: Oui, bah j'ai essayé, mais euh...
00:15:18.250 - 00:15:19.860	E3: Hum, ça marche plus...
00:15:19.820 - 00:15:20.050	E1: Non...
00:15:20.100 - 00:15:21.260	E3: Et celle-là c'est la 5?
00:15:22.060 - 00:15:25.070	E1: Mets que... mets "la 5, on peut pas savoir, c'est trop loin"
00:15:25.080 - 00:15:26.660	E3: Non mais... [rires]
00:15:27.650 - 00:15:31.440	E1: On voit plus! Et c'est à ce moment là, les filles, qu'il va falloir se creuser!
00:15:31.490 - 00:15:34.120	E3: Et pour la 3 et la 4 c'est tout le temps point d'intersection?
00:15:33.770 - 00:15:34.880	E2: Je sais comment faire!
00:15:34.930 - 00:15:35.300	E1: Tiens!
00:15:35.560 - 00:15:38.010	E2: On va... On va... superposer une droite.
00:15:39.950 - 00:15:40.760	E2: ...sur celle là...
00:15:48.560 - 00:15:49.160	Généralités: 1_5
00:15:52.060 - 00:15:58.920	Outils E2: Distance: deux droites
00:15:57.440 - 00:15:57.990	E2: Quoi?
00:15:58.290 - 00:16:00.460	E1: Non, j'sais pas, on demande pour le point d'intersection...
00:16:00.510 - 00:16:01.700	E2: Ben, quoi, ça va...
00:16:07.220 - 00:16:08.060	E2: De quoi?
00:16:08.150 - 00:16:09.150	E1: Prends une droite.
00:16:13.310 - 00:16:14.490	E1: Prends une droite
00:16:16.120 - 00:16:21.360	E1: Vas-y, clique... Droite... Segment... Aaaaah, genre on fait un segment de là...
00:16:16.120 - 00:16:21.360	Outils E2: Segment: deux points à la volée
00:16:21.450 - 00:16:24.320	E3: Ouais, et, et après on calcule si c'est parallèle.
00:16:21.540 - 00:16:22.680	Outils E2: Segment: deux points à la volée
00:16:24.560 - 00:16:25.320	E2: Oui.
00:16:25.340 - 00:16:27.480	E1: Ah tu veux faire euh...
00:16:27.440 - 00:16:39.380	E3: Alors, si tu fais un segment parallèle à... perpendiculaire à ça, si il est perpendiculaire à lui aussi ça veut dire qu'elles sont parallèles toutes les deux, ça veut dire que... y a pas de croisement.
00:16:36.180 - 00:16:37.420	Outils E2: Annule
00:16:37.520 - 00:16:39.040	Outils E2: Annule
00:16:47.300 - 00:16:50.200	Actions E2: Eh, on doit faire quoi, t'as dit quoi? perpendiculaire?
00:16:50.180 - 00:16:56.160	E1: Ah tu veux dire que si l'une est perpendiculaire à... si tu traces un segment et que ... mais non mais là tu vois bien que ce sera pas ça...
00:16:56.600 - 00:16:59.300	E2: Bah, elles peuvent être parallèles là...
00:16:59.740 - 00:17:05.280	E1: Oui elles peuvent être, mais si tu traces le segment comme t'as dit, et si elle est perpendiculaire et que l'autre...
00:17:03.860 - 00:17:05.780	E2: Vas-y bah fais ce que tu pensais.
00:17:07.160 - 00:17:11.100	Outils E3: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:17:07.220 - 00:17:08.320	E1: J'ai pas trop compris en fait...
00:17:10.960 - 00:17:12.000	E3: Là, voilà...
00:17:20.580 - 00:17:21.660	Outils E3: Annule
00:17:22.940 - 00:17:24.140	E1: Pourquoi t'annules?
00:17:24.380 - 00:17:28.060	E3: Parce que [inaudible]

00:17:28.100 - 00:17:29.020	E1: Bah c'était ce que tu faisais là...
00:17:29.540 - 00:17:31.420	E1: T'as fait un plan perpendiculaire.
00:17:35.380 - 00:17:38.540	E3: De là... perpendiculaire à cette droite...
00:17:35.380 - 00:17:47.440	Outils E3: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:17:39.120 - 00:17:40.680	E3: passant par un nouveau point...
00:17:41.800 - 00:17:42.560	Actions E1: Là bas!
00:17:46.080 - 00:17:47.440	E2: Là où on te le donne, voilà!
00:17:48.500 - 00:17:50.180	E2: Tourne le... tourne l'image!
00:17:53.200 - 00:18:03.575	Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:17:56.145 - 00:17:57.678	E3: Oh la vache, il est où?
00:17:58.550 - 00:18:00.410	E3: Attends je vais peut être re-réduire l'échelle.
00:18:21.575 - 00:19:21.110	Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:18:25.095 - 00:18:27.015	E3: Bah là elles sont parallèles.
00:18:30.625 - 00:18:33.765	E2: On dit qu'elles sont parallèles? Non? L'autre côté, fais voir de l'autre côté?
00:18:36.325 - 00:18:37.305	E2: Tourne le.
00:18:40.425 - 00:18:41.825	E2: Monte! Derrière!
00:18:42.170 - 00:18:42.680	E3: Ah oui...
00:18:46.870 - 00:18:47.930	E3: Mais vas-y! [énervement]
00:18:48.000 - 00:18:49.730	E1: Je pense pas qu'elles soient parallèles, hein...
00:18:58.260 - 00:18:59.750	E2: Non, elles sont pas parallèles, là!
00:18:59.770 - 00:19:03.420	E1: Mais non mais ça c'est la perspective...
00:19:03.500 - 00:19:03.920	E2: Tu crois?
00:19:03.970 - 00:19:05.690	E3: Ah ouais parce que regarde, si tu remontes.
00:19:06.300 - 00:19:09.570	E3: Là tu fais grâce à un... grâce à un plan, euuh...
00:19:09.480 - 00:19:10.600	E2: Ouais, mais non!
00:19:11.560 - 00:19:13.690	E1: Parce que là, si, c'est comme tu disais, la route.
00:19:14.450 - 00:19:15.360	E1: C'est ça, hein?
00:19:15.490 - 00:19:17.520	E3: Là t'avances, eh ben là t'es [inaudible]
00:19:17.440 - 00:19:19.340	E1: Oui mais même pour les autres on aurait pu faire comme ça...
00:19:21.710 - 00:19:24.060	E2: Eh ben on va faire les autres aussi.
00:19:26.950 - 00:19:27.670	Généralités: 1_4
00:19:37.900 - 00:19:38.420	Généralités: 1_3
00:19:44.990 - 00:19:50.650	Outils E3: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:19:53.320 - 00:19:54.220	E3: Tu vois...
00:19:54.500 - 00:19:56.280	E2: Ah, c'est sûr que non...
00:20:03.345 - 00:20:07.315	E1: Mais même quand tu fais ça sur des droites parallèles, si tu mets sur un point là et un point là, ça peut faire, euuh...
00:20:07.710 - 00:20:09.230	E1: C'est pas forcément perpendiculaire, hein...
00:20:12.430 - 00:20:14.000	E1: Si tu mets un point sur une droite parallèle...
00:20:14.610 - 00:20:17.360	E1: Et un autre point sur une autre, qui est parallèle à celui-là...
00:20:18.160 - 00:20:22.600	Outils E3: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:20:18.970 - 00:20:21.960	E1: C'est pas forcément perpendiculaire ce... ce... ce...
00:20:22.180 - 00:20:25.090	E1: le segment qui passe... enfin la droite qui passe comme ça.
00:20:22.600 - 00:20:30.360	Actions E3: perpendiculaire à une droite, par un point sur l'autre droite Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:20:25.780 - 00:20:26.510	E1: Tu comprends?
00:20:28.770 - 00:20:31.210	E2: Donc on peut pas savoir avec un plan perpendiculaire...
00:20:35.480 - 00:20:40.760	E3: Ben si parce que si il est perpendiculaire à un point, il est perpendiculaire à toute la droite...
00:20:41.000 - 00:20:49.320	E1: Ouais mais non, mais regarde, quand tu fais, quand tu fais des droites comme ça par exemple, tu mets un point ici et un point ici, la droite ici elle est pas perpendiculaire aux deux autres...
00:20:53.720 - 00:20:56.840	E3: Elle est pas perpendiculaire comme tu le mets là, c'est pas possible.
00:20:57.200 - 00:20:58.240	E1: Ben non...
00:20:58.520 - 00:20:59.800	Généralités: 1_6
00:21:00.040 - 00:21:01.600	E1: C'est pout ça je comprends pas...
00:21:02.440 - 00:21:05.480	E1: Je comprends pas comment on peut dire...
00:21:03.560 - 00:21:04.960	Généralités: 1_7
00:21:08.560 - 00:21:10.600	E2: Avec les vecteurs colinéaires!
00:21:33.720 - 00:21:39.760	Actions E3: perpendiculaire à une droite, par un point sur l'autre droite
00:21:44.680 - 00:21:47.640	E1: Mais je sais pas comment... Mais c'est pas possible, il faut faire avec d'autres trucs!
00:21:44.680 - 00:22:03.080	Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:21:48.280 - 00:21:50.360	E1: J'suis sûr que si tu fais avec des vecteurs.
00:21:51.200 - 00:21:52.800	E1: des vecteurs colinéaires...
00:21:53.680 - 00:21:58.640	E3: Ah ouais, voilà, vecteur, je fais des vecteurs. Il demande pas si c'est colinéaire ou pas...
00:21:59.000 - 00:22:02.240	E1: Fais encore le truc avec les angles, là...
00:22:01.800 - 00:22:03.080	E3: Ouais, on va voir.
00:22:04.640 - 00:22:07.120	Outils E3: Annule
00:22:07.760 - 00:22:20.040	E1: Mais souvent les vecteurs, ils nous demandent pas de faire des vecteurs colinéaires. Il nous demande si ils sont colinéaires ou pas! Du coup si tu crées des vecteurs c'est... c'est ouf. Enfin, c'est pas ouf, mais...
00:22:49.560 - 00:22:52.400	Généralités: 2_1

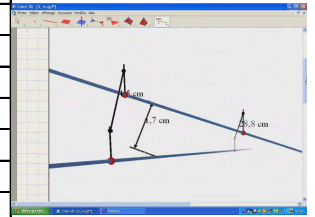
00:23:12.200 - 00:23:14.200	Généralités: 2_2
00:23:18.520 - 00:23:35.600	Actions E1: tente de construire directement le point d'intersection, qui semble être visible à l'écran: échec Outils E1: Point: intersection
00:23:35.800 - 00:24:20.160	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:23:40.200 - 00:23:43.120	E3: Elles sont pas...
00:23:48.560 - 00:23:50.880	E1: Parce qu'elles sont pas... il n'y a pas de point d'intersection
00:23:51.880 - 00:23:55.080	E1: Elles sont... elles se coupent pas, elles sont l'une sur l'autre.
00:23:55.000 - 00:23:58.720	E3: Faudrait essayer de foutre un plan au milieu
00:24:00.600 - 00:24:04.080	E2: Attends, reste au niveau où on voit qu'elles sont pas...
00:24:04.560 - 00:24:05.280	E2: Là!
00:24:06.000 - 00:24:07.320	E2: Remonte un peu
00:24:07.720 - 00:24:08.360	E2: Là, voilà.
00:24:08.760 - 00:24:11.800	Actions E3: D'accord, ouais... Normal, elles se touchent pas.
00:24:12.560 - 00:24:14.400	E1: Et comment tu peux dire ça?
00:24:15.000 - 00:24:20.160	E1: Ah, si tu peux mettre un point entre les deux et que ça touche ni l'une ni l'autre!
00:24:28.000 - 00:24:30.320	E3: C'est quoi comme droite, ça?
00:24:30.840 - 00:24:39.240	E1: Oh, non, sinon, j'ai trouvé! Tu fais un point sur une, et au point d'intersection tu vois si elle passe sur l'autre.
00:24:40.520 - 00:24:42.440	E1: Non? Tu le fais déplacer.
00:24:42.560 - 00:24:43.720	E1: Tu déplaces le point.
00:24:44.600 - 00:24:45.360	E1: Non?
00:24:55.720 - 00:25:03.680	Actions E2: Cherche à zoomer sur la zone problématique Outils E2: Change d'échelle
00:25:06.880 - 00:25:28.160	Actions E2: changement de point de vue: fait apparaître alternativement les droites comme sécantes ou parallèles Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:25:30.840 - 00:25:32.320	Généralités: les droites apparaissent parallèles à l'écran.
00:25:30.840 - 00:25:32.320	E1: Elles sont parallèles!
00:25:35.040 - 00:25:36.840	E3: Non, on a vu qu'elles se croisaient.
00:25:37.320 - 00:25:39.000	E1: Non, elles se croisent pas!
00:25:39.320 - 00:25:42.840	E3: Enfin, qu'elles se superposent...
00:25:42.920 - 00:25:46.480	Actions E1: cherche le point de vue où les droites apparaissent comme parallèles Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:25:47.000 - 00:25:47.840	E1: Tu vois?
00:25:51.200 - 00:25:57.640	E3: Ça sert à rien de dire parallèle, les droites elles sont comme ça.. Elles sont parallèles comment? Parallèles de la distance...
00:26:01.240 - 00:26:06.560	E2: On peut dire qu'il y a une différence entre les deux... dans l'espace...
00:26:09.320 - 00:26:14.200	Actions E1: revient à l'échelle 1 Outils E1: Change d'échelle
00:26:14.480 - 00:26:27.880	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:27:11.960 - 00:27:18.800	Actions E1: trace une droite qui semble passer par le "point d'intersection" des deux premières droites Outils E1: Droite: deux points à la volée
00:27:17.200 - 00:27:18.680	E2: Tu fais quoi?
00:27:18.800 - 00:27:21.120	E1: Je sais pas...
00:27:26.810 - 00:27:27.730	Actions E1: zoom sur la zone d'intersection potentielle Outils E1: Change d'échelle
00:27:31.140 - 00:27:46.800	Actions E1: vue "de dessus" Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:27:35.070 - 00:27:36.240	E3: Elle passe au milieu, ou pas?
00:27:38.220 - 00:27:38.640	E1: Ouais.
00:27:41.170 - 00:27:42.510	E2: Tu voulais faire quoi?
00:27:42.720 - 00:27:46.800	E1: Je fais passer une droite au milieu... Mince c'est laquelle que j'ai faite?
00:27:47.200 - 00:27:47.530	Outils E1: Annule
00:27:47.550 - 00:27:48.030	E1: Oh merde!
00:27:48.730 - 00:27:49.970	E2: Bah c'est celle-là, là!
00:27:50.890 - 00:27:53.740	Actions E1: change la couleur de la 3e droite Outils E1: Menu contextuel: couleur d'objet
00:27:54.790 - 00:28:16.700	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:28:01.850 - 00:28:03.400	Généralités: [ext] Elle a fait quoi ?
00:28:03.400 - 00:28:08.560	E2: Elle a fait un point, elle a fait passer une droite par une autre, et elle voit si elle touche l'autre ou pas.
00:28:08.800 - 00:28:09.320	E2: C'est ça ?
00:28:18.030 - 00:29:37.580	Actions E1: Déplace la 3e droite autour du potentiel point d'intersection Outils E1: Manipulation: déplacement
00:28:21.560 - 00:28:30.330	E2: Là, elle a fait une droite... Sur une droite là. Et elle voit si elle touche l'autre ou pas...
00:28:32.120 - 00:28:33.210	E3: Et là elle est au milieu, là!
00:29:42.910 - 00:29:43.590	Généralités: 2_3
00:29:56.430 - 00:30:04.550	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:30:03.660 - 00:30:04.820	E1: Eh c'est la même!
00:30:05.650 - 00:30:08.420	E3: Bah non, elles sont pas du tout croisées, hein...
00:30:09.870 - 00:30:14.230	Actions E1: plan dans l'espace, sans lien avec les droites: point de repère pour structurer? NB: par défaut, les points créés dans l'espace sont dans le plan de base, contenant une des deux droites. Outils E1: Plan: par trois points à la volée
00:30:14.290 - 00:30:15.470	E1: Ben là elles sont pas parallèles.
00:30:23.350 - 00:30:24.620	E2: Tu veux... prouver quoi?
00:30:25.240 - 00:30:28.470	E1: Qu'elles sont pas parallèles... qu'elles se croisent plus.
00:30:28.090 - 00:30:34.110	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:30:35.710 - 00:30:36.400	E2: Ah... T'as vu?
00:30:36.400 - 00:30:37.700	E1: Ouais, la droite elle passe pas!
00:30:38.650 - 00:30:39.300	E2: OK!
00:30:39.880 - 00:30:42.690	E3: Tu fais un plan et tu vois qu'il y en a une qui ne passe pas bien.



00:31:10.631 - 00:31:11.691	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:33:04.070 - 00:33:04.650	Enseignant(e): ca avance?
00:33:04.760 - 00:33:05.060	E3: Oui!
00:33:06.140 - 00:33:08.190	E3: On fait les explications, mais on sait pas si c'est juste, hein...
00:33:10.400 - 00:33:11.320	Enseignant(e): Ben l'essentiel c'est que vous en soyez convaincues, après...
00:33:11.550 - 00:33:14.060	E3: Oui, nous on en est convaincues, mais bon après...
00:33:14.090 - 00:33:15.110	Enseignant(e): Qu'est ce que vous utilisez comme explications?
00:33:15.250 - 00:33:32.640	E3: Ben, au début on en a vu deux ou trois avec les intersections ... Quand on met le point dessus ça fait intersection, donc là, ben... Après on a vu qu'on arrivait à...ben là [montre la figure en cours] on a fait un plan qui passe par une droite et qui touche jamais l'autre droite, donc ça veut dire qu'il y a un moment où ils vont se croiser.
00:33:32.830 - 00:33:42.400	Enseignant(e): Euuuuh, si ils se touchent jamais, bah si, si c'est deux droites parallèles Ca c'est une droite, ça aussi, tu peux très bien faire un plan qui soit comme ça!
00:33:47.090 - 00:33:49.410	Enseignant(e): Il contient la première droite, il touche jamais la seconde.
00:33:52.660 - 00:33:54.400	E1: Ah mais là elles se croisent ici!
00:33:54.395 - 00:34:00.135	Enseignant(e): Mais là par contre, la différence, c'est que ici vous avez quand même un point d'intersection! Donc si vous avez un point d'intersection, il va bien falloir qu'elles soient...
00:34:01.235 - 00:34:02.085	Enseignant(e): Qu'elles soient pas parallèles...
00:34:02.195 - 00:34:03.345	E3: Et le point d'intersection, c'est lui, là?
00:34:04.255 - 00:34:08.935	Enseignant(e): Bah, là votre plan il contient cette droite là, et puis il contient juste un point de l'autre droite.
00:34:10.275 - 00:34:13.225	Enseignant(e): Et si elles étaient parallèles, elles contiendraient plus qu'un point.
00:34:15.030 - 00:34:18.010	E3: Ah ouais mais c'est parce qu'elle contient un point que...
00:34:18.420 - 00:34:23.610	Enseignant(e): Bah ça c'est une explication grossière, après à vous de voir comment ça fonctionne...
00:34:25.660 - 00:34:46.960	Enseignant(e): Et, par contre, un truc auquel il faut que vous fassiez attention, c'est que ça ne reste qu'un logiciel. Donc, si on prend une droite parallèle... [construit le point d'intersection] il va y avoir des petits problèmes, il va accepter de construire le point d'intersection entre deux droites parallèles, ce qui est un peu gênant... Bon, il ne va jamais l'afficher, mais il le construit quand même.
00:34:51.790 - 00:34:55.610	Enseignant(e): A vous de voir à quoi ça correspond, c'est pas forcément très méchant, mais...
00:35:13.280 - 00:35:14.100	Généralités: 2_4
00:35:15.660 - 00:35:18.170	E3: Ouais, j'ai pas compris son explication...
00:36:21.540 - 00:36:25.940	Actions E3: cherche à construire le point d'intersection qui semble être visible à l'écran: échec Outils E3: Point d'intersection: directement
00:36:27.371 - 00:36:34.210	Actions E3: Tente de construire directement le point d'intersection: échec Outils E3: Point d'intersection: directement
00:36:35.210 - 00:37:03.520	Actions E3: cherche à voir le point d'intersection Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:36:39.410 - 00:36:42.185	E3: Ah ben tiens, regarde, celle là aussi! Elles sont parallèles!
00:36:43.080 - 00:36:49.380	E2: Non, mais y a un truc, moi je comprends pas... [à la machine] Allez, dis-moi si y a des points d'intersection!
00:36:49.900 - 00:36:50.420	E3: Là elles sont para...
00:36:51.230 - 00:36:53.200	E2: [rires] elles sont pas parallèles!
00:36:53.300 - 00:36:57.830	E1: La question c'est si elles se croisent ou pas, ben non, elles se croisent pas...
00:37:01.530 - 00:37:03.170	E3: Là, oui, elles se croisent...
00:37:22.990 - 00:38:04.490	Actions E3: cherche à zoomer sur le point d'intersection Outils E3: Change d'échelle
00:38:06.880 - 00:38:49.560	Actions E3: Finalement, fait apparaître les droites comme non-sécantes à l'écran Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:38:49.760 - 00:38:52.170	E3: Mais regarde, c'est normal!
00:39:17.670 - 00:39:20.320	E2: Mais comment tu peux faire pour justifier ça?
00:39:20.580 - 00:39:21.480	E1: Grave!
00:39:21.720 - 00:39:25.990	E3: Bah je sais pas! Ah on peut pas faire, genre si y a une distance ou quoi?
00:39:25.430 - 00:39:28.960	E2: Si tu peux faire un cube entre les deux, eh ben c'est pas pareil...
00:39:26.020 - 00:39:38.320	Actions E3: cherche à mesurer la distance entre les deux droites mais, en raison du zoom, cela n'apparaît pas à l'écran Outils E3: Distance: deux droites
00:39:36.990 - 00:39:38.320	E1: Ah tu prends deux points, et hop?
00:39:39.230 - 00:39:39.870	E1: Mais qu'est ce que ça fait?
00:39:40.840 - 00:39:43.490	E3: Aaaaah, y a pas de distance donc ça veut dire qu'elles se croisent!
00:39:44.840 - 00:39:45.620	E1: Quoi?
00:39:46.560 - 00:39:47.290	Actions E3: Recommence l'opération Outils E3: Annule
00:39:46.670 - 00:39:48.090	E1: Mais c'est quoi ça, j'ai pas compris!
00:39:48.320 - 00:39:49.570	E3: Je sais pas non plus...
00:39:54.340 - 00:39:56.370	E1: [rires, un peu moqueur] "Il n'y a pas de distance, ça veut dire qu'elles se croisent"...
00:39:55.120 - 00:39:59.960	Actions E3: recommence la même procédure, mais cette fois la distance s'affiche à l'écran Outils E3: Distance: deux droites
00:39:57.450 - 00:39:59.540	E2: Ben non! Elles se croisent pas, tu vois très bien que là elles se croisent pas!
00:40:00.540 - 00:40:02.950	E2: Non mais, non mais... Voilà, ok!
00:40:03.420 - 00:40:05.130	E3: C'est un virgule sept!
00:40:05.920 - 00:40:07.860	E2: Et alors, il faut regarder à l'autre! [pense que cela mesure la distance entre deux points sur objets, et non la distance entre les objets qui n'a pas de réelle définition]
00:40:08.040 - 00:40:09.770	E1: Ouais... Mais tu peux pas!
00:40:09.960 - 00:40:12.220	E3: Mais non, c'est tout le temps 1,7!
00:40:12.400 - 00:40:15.690	Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:40:16.670 - 00:40:19.150	Actions E3: mesure de nouveau la distance entre les deux droites. Au moment de valider l'utilisation de l'outil, l'affichage de la distance sort de l'écran Outils E3: Distance: deux droites
00:40:20.400 - 00:40:35.745	Actions E3: Réessaie avec beaucoup de précautions. Au moment où le pointeur de la souris survole la seconde droite, l'indication textuelle disparaît. Outils E3: Distance: deux droites
00:40:29.275 - 00:40:30.465	E2: Non, c'est pas ça!
00:40:35.580 - 00:40:36.340	E2: Qu'est ce que tu fais?
00:40:37.420 - 00:40:40.050	E3: Bah j'essaie de trouver quelque chose, quand même!
00:40:42.300 - 00:40:53.920	Actions E3: Change le point de vue. S'arrête quand la distance est affichée à l'écran. Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:40:52.470 - 00:40:53.880	E1: Elle est où ta distance que t'as faite?



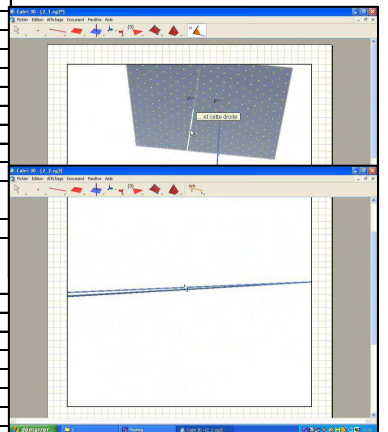
00:40:55.110 - 00:40:55.560	E3: Là! [désigne de la souris)
00:40:57.630 - 00:40:58.770	Actions E3: sur D1 Outils E3: Point: sur objet
00:40:58.770 - 00:40:59.200	Actions E3: sur D2 Outils E3: Point: sur objet
00:40:59.720 - 00:41:00.010	Actions E3: sur D2 Outils E3: Point: sur objet
00:41:00.550 - 00:41:00.810	Actions E3: sur D1 Outils E3: Point: sur objet
00:41:04.350 - 00:41:09.110	Actions E3: distance entre les deux premiers points Outils E3: Distance: deux points
00:41:10.980 - 00:41:13.150	Actions E3: distance entre les deux points suivants: les valeurs sont très différentes Outils E3: Distance: deux points
00:41:20.200 - 00:41:21.140	E2: Donc?
00:41:21.420 - 00:41:22.450	E3: Tanaaaa!
00:41:23.280 - 00:41:24.800	E3: Ouais, et donc, ouais...
00:41:23.280 - 00:42:03.330	Outils E3: Manipulation: changement de point de vue
00:41:24.870 - 00:41:26.010	E1: Eh ben donc c'est pas parallèle!
00:41:27.310 - 00:41:29.150	E2: Oui! Mais moi j'ai pas dit qu'elles étaient parallèles!
00:41:35.150 - 00:41:36.380	E1: Oui, elles sont pas parallèles du tout...
00:41:37.190 - 00:41:39.660	E3: Mais ça, ça... ça sert à rien pour dire le nombre...
00:41:39.680 - 00:41:41.730	E1: Oui, ça sert... non en fait ça sert à rien ce que j'ai dit.
00:41:43.340 - 00:41:45.740	E1: Si c'était les trois à la même distance, peut être que...
00:41:52.140 - 00:41:54.720	E3: Là ça aurait dû être 1,7; 1,7 tout le temps!
00:41:57.880 - 00:41:59.980	E3: Oh non il aurait fallu faire ça... bien...
00:42:01.440 - 00:42:03.330	E1: Oh non, oui, là ça sert à rien... [le changement de point de vue fait apparaître que les distances prises sont dans des directions très différentes
00:42:05.380 - 00:42:07.640	E3: Ouais mais on fait... On fait comment? On va dire qu'il y a ...
00:42:29.500 - 00:42:30.990	E1: Pourquoi il est là?
00:42:34.600 - 00:42:35.140	E1: Qu'est ce qu'il fait là?



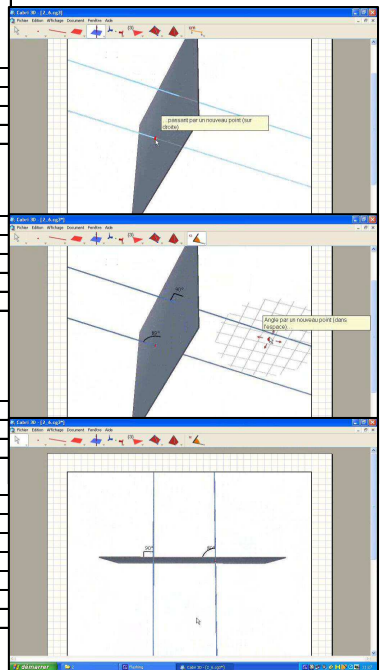
Etude de configurations de droites: quatrième groupe

Temps	
00:00:07.700 - 00:00:08.930	Généralités: 1 1
00:00:11.860 - 00:00:13.370	E1: Oui, elles se coupent!
00:00:13.900 - 00:00:16.410	E2: Non, parce que regarde, elles sont pas parallèles?
00:00:19.610 - 00:00:22.510	E1: Mais, elles se coupent ces deux droites, là! Celle là et celle là!
00:00:19.730 - 00:00:20.380	E2: Ah non...
00:00:22.560 - 00:00:25.700	E2: Non mais parce que regarde c'est dans l'espace, si ça se trouve elles... Tu sais, comme une autoroute!
00:00:26.210 - 00:00:28.870	E2: Ou y a un truc où elles se coupent, mais en fait non!
00:00:33.850 - 00:00:42.640	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:00:37.570 - 00:00:39.850	E1: Regarde regarde Maud, regarde!
00:00:41.090 - 00:00:43.290	E2: Oui mais si ça se trouve elles sont parallèles! Regarde les longueurs!
00:00:44.660 - 00:00:46.200	E1: Non non non non non... Regarde. Tu vois?
00:00:44.660 - 00:00:46.200	Actions E1: tente de faire apparaître le potentiel point d'intersection Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:00:47.580 - 00:00:48.490	E1: Ca se coupe, là!
00:00:48.810 - 00:00:50.580	E2: Mais non mais c'est dans l'...
00:00:52.216 - 00:00:54.796	Actions E1: Désigne le potentiel point d'intersection (qui n'apparaît pas à l'écran) à l'aide du pointeur
00:00:52.260 - 00:00:53.880	E1: Tu vois pas, là, ça se coupe!
00:00:54.960 - 00:00:56.210	E1: Oh mais t'es myope, ou quoi?
00:00:56.016 - 00:00:56.956	E2: Ah ouais! Ah ouais vas-y montre, montre!
00:00:57.176 - 00:00:58.036	E1: Là, regarde!
00:00:57.176 - 00:00:58.036	Actions E1: Pointe le point d'intersection. Comme l'outil "symétrie centrale" est sélectionné, Cabri propose une "symétrie par rapport à un nouveau point d'intersection", mais le message textuel n'est pas interprété
00:00:59.236 - 00:01:00.176	E2: Intersection!
00:00:59.916 - 00:01:01.516	E1: Ah ouais, intersection.
00:01:04.676 - 00:01:06.016	Généralités: 1 2
00:01:07.696 - 00:01:09.136	E1: Elles, elles se coupent, aussi.
00:01:08.160 - 00:01:17.060	Actions E1: Contrôle en survolant les objets, jusqu'à ce que les deux soient en surbrillance Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:01:09.360 - 00:01:12.220	E2: Attens attends, il faut que j'écrive.
00:01:18.240 - 00:01:47.460	Généralités: gèrent des problèmes matériels
00:01:48.720 - 00:01:51.960	E2: Donc... Quatre figures...
00:01:55.340 - 00:01:57.080	E2: On en est à 1, là!
00:01:57.500 - 00:01:59.280	E1: Non, ça c'est le 2e, ça.
00:01:59.380 - 00:02:01.100	E2: Et le premier, donc, il se coupaient.
00:01:59.920 - 00:02:02.700	Actions E1: survole les droites pour mettre les deux en surbrillance simultanément Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:02:01.180 - 00:02:01.920	E1: Ouais.
00:02:06.860 - 00:02:27.380	Actions E1: Regarde sous différents points de vue, et fige le dessin sur une vue montrant bien les droites sur le plan, et le point d'intersection Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:02:14.920 - 00:02:18.120	E1: Ouais, euuuuh...
00:02:27.920 - 00:02:28.780	E1: Donc voilà!
00:02:28.860 - 00:02:29.480	Actions E1: Après, le 2...
00:02:29.560 - 00:02:30.220	E1: Oui, elles se coupent!
00:02:33.720 - 00:02:35.380	E2: Bah c'est pareil, en fait...
00:02:35.980 - 00:02:37.820	E2: On la voit l'intersection!
00:02:38.200 - 00:02:38.860	E1: Ouais...
00:02:41.200 - 00:02:43.660	E1: Dans le 1 aussi on la voit l'intersection...
00:02:43.680 - 00:02:44.560	Généralités: 1 3
00:02:44.740 - 00:02:54.440	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:02:46.240 - 00:02:49.940	E1: Ca c'est 3? Là aussi on la voit l'intersection, regarde!
00:02:53.700 - 00:02:54.440	E2: Ouais...
00:02:55.280 - 00:02:57.580	E2: Clique sur le point!?
00:02:57.580 - 00:03:03.340	Actions E1: Outil point pour afficher des informations contextuelles (pas de construction): les deux droites sont en surbrillance, Cabri proposé de créer un point sur intersection Outil E1: Point: intersection
00:03:01.880 - 00:03:02.380	E2: Non non...
00:03:01.960 - 00:03:03.560	E1: Intersection...
00:03:03.680 - 00:03:04.160	E2: Ouais...
00:03:10.000 - 00:03:10.980	Généralités: 1 4
00:03:11.880 - 00:03:12.740	E1: OK!
00:03:12.840 - 00:03:14.560	E2: Bah oui elles se coupent...
00:03:13.440 - 00:03:22.680	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:16.600 - 00:03:18.060	E2: Montre montre montre!
00:03:20.500 - 00:03:22.540	E2: Ouais il n'y en a pas une qui passe au dessus d'une autre, quoi...
00:03:22.940 - 00:03:24.760	Actions E1: Affiche les deux droites dans un plan orthogonal au plan frontal Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:24.320 - 00:03:25.040	E1: Ouais, bah ouais...
00:03:24.960 - 00:03:47.820	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:30.160 - 00:03:33.920	Généralités: On voit, donc il n'y a pas de justification => obstacle du visuel
00:03:30.160 - 00:03:33.920	E2: Et puis il n'y a pas de justification, tu sais c'est... c'est la même!
00:03:34.320 - 00:03:36.140	E2: Point défini par tout ça, quoi...
00:03:35.500 - 00:03:39.820	E1: Quoique, regarde... Si je bouge... tu vois?
00:03:40.080 - 00:03:40.660	E2: Ouais...
00:03:40.880 - 00:03:41.660	E1: Elles bougent, aussi...
00:03:42.380 - 00:03:47.820	E1: Ou ça se peut qu'à un moment... à un moment donné elles se coupent plus, tu vois...
00:03:48.380 - 00:03:49.440	E1: Là elles sont confondues!
00:03:48.380 - 00:03:49.440	Actions E1: Affiche les droites superposées Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:49.540 - 00:03:51.800	E2: Ouais... Non mais si c'est bon, elles se coupent.
00:03:49.660 - 00:04:01.420	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:53.080 - 00:03:56.900	E2: Non c'est pas elles bougent, c'est notre vue elle bouge! On les voit pas du même angle...
00:04:00.300 - 00:04:02.320	E1: Ouais, c'est pour ça! Elles se coupent...
00:04:07.060 - 00:04:08.340	Généralités: 1 5
00:04:09.960 - 00:04:12.300	E1: Ah ben ça on peut pas savoir, ça!
00:04:09.960 - 00:04:37.320	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:04:13.440 - 00:04:14.760	E2: Bah si, on mesure!
00:04:20.280 - 00:04:21.380	E1: Elles elles se coupent pas.
00:04:20.840 - 00:04:31.360	E2: Ah je sais! Bah sinon on trace une... une parallèle, parce qu'on peut pas le savoir, là, comme ça! On trace une perpendiculaire à l'une et on regarde si elle est perpendiculaire à l'autre.
00:04:37.280 - 00:04:43.820	E1: Mais bon d'un côté regarde... On peut les superposer, en fait!
00:04:37.320 - 00:04:48.240	Actions E1: Fait apparaître les droites parallèles sous différents angles de vue Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:04:46.080 - 00:04:48.240	E1: Donc je pense qu'elles sont parallèles, regarde.
00:04:48.620 - 00:04:56.580	Actions E1: Les informations contextuelles de Cabri influencent les formulations des élèves Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:04:48.720 - 00:04:49.860	E2: Mais, déjà, construit...
00:04:50.860 - 00:04:52.080	E1: Une perpendiculaire à...
00:04:52.020 - 00:04:52.640	E2: Voilà...
00:04:55.640 - 00:04:56.580	E2: passant... Voilà!
00:04:57.460 - 00:05:00.180	E2: Et, est-ce que, maintenant, est-ce que, ça...
00:04:58.560 - 00:05:00.020	E1: T'as vu elles sont confondues!
00:05:01.100 - 00:05:05.380	E2: ... c'est un angle droit, c'est ça qu'il faudrait mesurer! Vas-y montre, centimètre, mesure d'angle!
00:05:08.400 - 00:05:08.800	E1: Angle...
00:05:11.380 - 00:05:13.780	E1: Angle entre cette droite, et ce plan.
00:05:11.380 - 00:05:13.780	Outil E1: Angle: droite, plan
00:05:13.960 - 00:05:16.100	E2: 86, eh ben non!
00:05:15.880 - 00:05:18.220	Outil E1: Angle: droite, plan
00:05:25.000 - 00:05:27.380	E2: Donc, ouais, regarde, non...
00:05:27.760 - 00:05:31.160	E1: Mais... Après...
00:05:29.660 - 00:05:30.500	Outil E1: Annule
00:05:31.900 - 00:05:35.760	E2: [semble rédiger] Le point... donc, construction...
00:05:33.240 - 00:05:34.000	Outil E1: Annule
00:05:36.220 - 00:05:37.200	Actions E1: E1 a supprimé le plan et les deux mesures d'angles Outil E1: Annule
00:05:39.020 - 00:05:42.900	E2: ... plan... perpendiculaire...

00:05:40.980 - 00:05:42.820	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:05:43.780 - 00:05:46.940	E1: Mais bon d'un côté ça fait comme les autoroutes, hein, comme t'as dit tout à l'heure...
00:05:47.020 - 00:05:48.660	E2: Mais oui mais c'est, c'est...
00:05:48.700 - 00:05:50.720	E1: C'est la perspective, hein...
00:05:51.600 - 00:06:00.020	E2: Mais non parce que c'était, c'est... deux droites parallèles, elles sont perpendiculaires à une même droite, et là l'autre elle était pas perpendiculaire au plan. A la droite.
00:05:57.300 - 00:05:58.280	Généralités: 1 6
00:06:00.120 - 00:06:01.580	E1: Elles se coupent, là...
00:06:00.120 - 00:06:01.580	Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:06:01.980 - 00:06:04.940	E2: Mais non parce que... Ah ouais, ok, ah ouais...
00:06:04.720 - 00:06:10.140	Actions E1: essaie de désigner le point d'intersection avec l'outil point. Outil E1: Point: intersection
00:06:09.660 - 00:06:14.160	E2: Attends, attends, attends 2 secondes! Construction plan perpendiculaire...
00:06:15.560 - 00:06:17.680	Généralités: 1 7
00:06:17.120 - 00:06:20.520	E2: Attends moi s'il te plaît parce que, après j'arrive plus à noter.
00:06:20.420 - 00:06:30.620	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:06:20.520 - 00:06:22.260	E1: Je regarde un petit peu...
00:06:25.980 - 00:06:30.460	E1: Il n'y en a aucune qui n'est pas...
00:07:04.820 - 00:07:08.000	E2: Voilà! Figure 6, c'est vu la 6?
00:07:11.520 - 00:07:14.220	E1: Non, le 6 elles se coupent.
00:07:14.560 - 00:07:18.420	E1: Regarde. J'ai regardé même le point d'intersection...
00:07:16.000 - 00:07:20.820	Actions E1: Désigne le point d'intersection, et déplace accidentellement une droite Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:07:21.600 - 00:07:24.680	E1: Quoique regarde on peut la déplacer la droite!
00:07:21.600 - 00:07:43.260	Actions E1: déplace une des droites Outil E1: Manipulation: déplacement
00:07:25.480 - 00:07:26.840	E2: Ben oui c'est normal
00:07:32.640 - 00:07:36.620	E1: Monsieur? C'est normal qu'on puisse les bouger, les droites?
00:07:36.780 - 00:07:45.940	Enseignant(e): Oui, par contre tu n'as pas trop intérêt à les bouger parce que, là elles peuvent très bien ne pas se couper, si tu les bouges il y a un moment où elles vont se couper. Donc c'est plus les droites que je t'ai proposé...
00:07:49.980 - 00:07:51.760	Généralités: 1 6
00:07:52.280 - 00:07:58.660	Actions E1: Cherche à désigner le point d'intersection et à ce que les deux droites soient simultanément en surbrillance Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:08:04.240 - 00:08:05.160	E2: ??
00:08:05.220 - 00:08:08.780	E1: 7 aussi, c'est pareil.
00:08:08.860 - 00:08:09.520	Généralités: 1 7
00:08:11.180 - 00:08:19.720	Actions E1: Cherche à faire apparaître le point d'intersection, qui semble se "déplacer" par rapport aux droites Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:08:16.440 - 00:08:19.720	E2: Ah mais il y en a peut-être une au dessus de l'autre, c'est ça le truc...
00:08:21.880 - 00:08:24.100	E2: Vu que c'est dans l'espace... Montre le point!
00:08:22.080 - 00:08:30.700	Actions E1: Regarde sous divers points de vue, notamment pour que les droites apparaissent confondues Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:08:24.720 - 00:08:26.660	E2: Voilà, voilà
00:08:25.780 - 00:08:27.400	E1: Ouais, non elles sont confondues...
00:08:28.000 - 00:08:33.540	E2: Montre le... le... tu sais tu regardes C - intersection
00:08:31.560 - 00:08:35.920	Actions E1: Désigne l'intersection pour faire apparaître un message contextuel, sans créer le point Outil E1: Point: intersection
00:08:35.540 - 00:08:35.920	E1: Ouais
00:08:44.640 - 00:08:46.440	E2: Ok. Ensuite on en est au 2.
00:09:33.900 - 00:09:34.980	Généralités: 2 1
00:09:36.940 - 00:09:39.120	E2: Ben on fait la même technique...
00:09:37.920 - 00:09:53.180	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:09:40.080 - 00:09:44.860	E2: ... qu'on a faite avant. Parce que là on peut pas voir...
00:09:49.640 - 00:09:53.180	E1: Moi je pense pas qu'elles soient parallèles, là... Euh, qu'elles soient pas parallèles.
00:09:53.480 - 00:09:59.340	Actions E1: trace le plan perpendiculaire à D1, par un point de D1 Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:09:58.140 - 00:09:59.740	Actions E2: Passant par l'autre droite
00:10:01.600 - 00:10:06.560	Actions E2: Non! Non qu'est-ce que t'as fait, là? Elle doit passer par, euh...
00:10:04.640 - 00:10:06.240	Outil E1: Annule
00:10:12.180 - 00:10:14.740	Actions E1: Perpendiculaire à D1 passant par un point de D2 Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:10:18.440 - 00:10:23.880	Actions E1: Angle entre le plan créé et D2 Outil E1: Angle: droite, plan
00:10:23.820 - 00:10:24.480	E2: 87
00:10:23.880 - 00:10:24.620	Outil E1: Angle: droite, plan
00:10:26.620 - 00:10:27.120	E1: 90
00:10:27.000 - 00:10:27.600	E2: Toujours pas...
00:10:38.660 - 00:10:39.620	Généralités: 2 2
00:10:40.660 - 00:10:42.440	E1: Là on dirait qu'elles sont...
00:10:40.660 - 00:11:04.180	Actions E1: Change le point de vue pour les faire apparaître dans un plan orthogonal au plan frontal Finalement, les droites apparaissent parallèles à l'écran, séparées par un "espace" Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:10:44.400 - 00:10:50.100	E1: Ah non regarde regarde regarde! Elles sont pas... elles sont pas... Elles se croisent pas, là, tu vois?
00:10:50.740 - 00:10:52.740	E1: Genre comme elles sont dans l'espace elles se touchent pas, en fait...
00:10:53.520 - 00:10:55.340	E2: Ah ouais... Mais c'est un autre, ça?
00:10:59.860 - 00:11:04.180	E2: Ah d'accord. Avec même méthode, angle...
00:11:05.000 - 00:11:12.460	Actions E1: cherche à pointer le point d'intersection. Outil E1: Point: intersection
00:11:05.020 - 00:11:07.040	E1: Attends je vais voir un truc...
00:11:09.080 - 00:11:12.460	E1: Justement tu vois, on peut pas le...
00:11:12.560 - 00:11:13.200	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:13.320 - 00:11:23.720	Outil E1: Point: intersection
00:11:20.000 - 00:11:23.840	E1: Tu vois? On peut même pas faire un point d'intersection, tu vois!
00:11:25.900 - 00:11:54.780	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:11:26.200 - 00:11:27.080	E2: Ouais
00:11:27.480 - 00:11:32.000	E2: C'est le 2 là? Le 2 ? Vas-y, remontre!
00:11:32.940 - 00:11:37.340	E2: Comment je peux dire ça? Euh, droites dans l'espace...
00:11:40.240 - 00:11:41.580	E1: Euh, pas parallèles...
00:11:42.720 - 00:11:45.340	E2: Euh, ne se coupent pas...
00:11:45.380 - 00:11:46.760	E3: Ouais qui, qui ne se touchent pas, quoi
00:11:49.720 - 00:11:52.160	E1: En fait elles sont perpendiculaires...
00:11:52.100 - 00:11:54.140	E2: Non, mais, une au dessus de l'autre.
00:11:54.780 - 00:11:58.340	Actions E1: Tente de construire un point d'intersection, mais ne peut jamais mettre les deux droites en surbrillance simultanément Outil E1: Point: sur objet
00:11:58.460 - 00:12:05.620	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:08.420 - 00:12:13.140	E1: De plus.... Tu mets de plus, pas possible de faire un point d'intersection
00:12:10.900 - 00:12:12.040	Enseignant(e): 2 3
00:12:12.840 - 00:12:24.060	Enseignant(e): DEUX CONTROLES VISUELS DISTINCTS TRES VISIBLES
00:12:12.880 - 00:12:24.080	Actions E1: change de point de vue, dans un premier temps pour faire apparaître le point d'intersection à l'écran, puis pour faire apparaître les droites comme non-sécantes. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:13.780 - 00:12:15.460	E2: Là je pense que c'est pareil...
00:12:17.060 - 00:12:21.900	E1: Oui regarde regarde regarde regarde... Ah ça se voit trop bien là, regarde!
00:12:23.600 - 00:12:24.160	E2: Ouais...
00:12:24.360 - 00:12:24.860	E1: T'as vu?

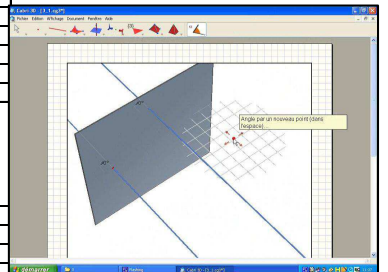


00:12:24.840 - 00:12:29.120	Actions E1: Change de point de vue pour faire apparaître les droites dans le plan frontal Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:29.180 - 00:12:32.300	E1: Faisons un point d'intersection, si possible... Pas possible... Donc...
00:12:29.180 - 00:12:32.300	Outil E1: Point: intersection
00:12:35.600 - 00:12:36.580	E2: Pareil.
00:12:37.820 - 00:12:55.800	Actions E1: Fait apparaître les droites parallèles. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:37.900 - 00:12:41.200	E2: 3e... Pareil, exactement pareil qu'en 2
00:12:55.960 - 00:12:56.600	Généralités: 2 4
00:12:59.060 - 00:13:15.380	Généralités: VISUEL NE MARCHÉ PAS => CONTRÔLE INSTRUMENTE
00:12:59.080 - 00:13:12.420	Actions E1: Cherche à faire apparaître les droites comme parallèles Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:02.840 - 00:13:03.500	E1: Pareil.
00:13:03.500 - 00:13:08.700	E2: Oooh! T'as vu comment ça fait? On aurait trop dit elles se coupaient!
00:13:10.040 - 00:13:14.980	E1: Ouais mais en fait non, elles sont... Elles se superposent, tu vois!
00:13:12.480 - 00:13:15.280	Actions E1: Essaie de construire un point d'intersection Outil E1: Point: intersection
00:13:18.320 - 00:13:19.340	E2: 4 c'est la même...
00:13:19.360 - 00:13:24.020	E1: Ouais... Tu mets "elles se superposent".
00:13:21.400 - 00:13:21.900	Généralités: 2 5
00:13:22.580 - 00:13:29.400	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:26.160 - 00:13:29.940	Généralités: Vous en êtes à la première, droite?
00:13:33.000 - 00:13:43.160	E2: [à un autre groupe] Quand tu pointes dessus, ça fait "intersection", ça veut dire qu'il y a intersection! Quand tu pointes sur le point où il y a les 2.
00:13:36.920 - 00:13:45.220	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:47.500 - 00:13:48.440	E2: C'est le 5?
00:13:48.000 - 00:13:48.840	Généralités: 2 6
00:13:48.460 - 00:13:48.880	E1: Ouais
00:13:50.520 - 00:13:51.420	E2: Vas-y montre le 5!
00:13:53.840 - 00:13:54.900	Généralités: 2 5
00:13:55.280 - 00:14:24.200	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:56.620 - 00:13:58.720	E2: C'est exactement la même chose ou pas?
00:14:01.060 - 00:14:03.140	E1: Tu vois là elles se croisent.
00:14:03.360 - 00:14:03.800	E2: Ouais...
00:14:07.360 - 00:14:08.860	E1: Mais en vrai elles se croisent pas...
00:14:09.020 - 00:14:13.680	E2: Mais peut-être qu'elles... Attends, mais parce que, regarde regarde, tu sais peut-être qu'elles se croisent au bout d'un moment!
00:14:12.620 - 00:14:27.520	Généralités: COEXISTENCE DE DEUX CONTRÔLES HIERARCHISES: UN SIMPLE D EMPLOI, A VALIDER AU BESOIN PAR UN AUTRE PLUS COUTEUX MAIS PLUS FIABLE
00:14:13.720 - 00:14:16.160	E1: Ouais mais non...
00:14:15.760 - 00:14:16.920	E2: Parce qu'il y en a une qui est au dessus de l'autre en fait...
00:14:16.800 - 00:14:18.760	E1: Regarde... Oui...
00:14:19.700 - 00:14:21.200	E1: Tu vois là elles se croisent, là.
00:14:22.920 - 00:14:24.200	E1: Alors que là elles se croisent pas.
00:14:24.540 - 00:14:36.160	Outil E1: Point: intersection
00:14:24.820 - 00:14:27.140	E1: Si tu veux, regarde: point d'intersection...
00:14:28.120 - 00:14:30.520	E1: Tu vois, point sur une droite, point sur une autre droite, tu vois...
00:14:30.520 - 00:14:38.980	E2: Ouais... Et, mais puis le truc c'est que ça fait, genre, parce que c'est infini, mais là si ça fait comme ça... ben ça fera toujours, même si ça ça fait...
00:14:36.640 - 00:14:38.200	E1: Ça se touchera jamais...
00:14:40.540 - 00:14:57.420	E1: En fait, si tu veux, elles sont... elles sont perp... elles sont... elles sont parallèles, si t'y penses, parce que ce point, il est parallèle, enfin, en fait, elles sont symétriques si tu veux... Ce point, il est symétrique à un point de celui-là...
00:14:54.140 - 00:14:55.800	E2: Ah non, elles sont pas symétriques...
00:14:58.820 - 00:15:07.440	E2: Ouais, en fait c'est juste qu'elles se croisent quelque part, mais... que tu peux voir ça comme ça... mais... Ouais, quand même, c'est vrai, ok.
00:15:07.540 - 00:15:08.340	Généralités: 2 6
00:15:08.660 - 00:15:12.380	E2: Mais même si elles se prolongent, elles pourront pas se croiser...
00:15:10.640 - 00:15:14.480	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:14.640 - 00:15:19.540	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:15:14.680 - 00:15:18.420	E1: Attends j'essaie de faire un plan pour voir si elles sont perpendiculaires, toutes les deux...
00:15:24.560 - 00:15:26.420	Outil E1: Angle: droite, plan
00:15:28.360 - 00:15:29.360	Outil E1: Angle: droite, plan
00:15:32.120 - 00:15:36.620	E1: Non... Je ne crois pas que ça change quelque chose, hein...
00:15:36.820 - 00:16:03.700	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:15:38.240 - 00:15:39.860	E1: Je pense que, même, elles se touchent pas.
00:15:41.280 - 00:15:46.280	E1: C'est pas parce qu'elles sont pas parallèles, il l'a dit tout à l'heure le prof, c'est pas parce qu'elles sont pas parallèles qu'elles doivent se toucher.
00:15:47.280 - 00:15:50.820	E2: Parce que, montre, vas-y montre, tu sais, le plan, comme ça!
00:15:51.420 - 00:15:58.480	E2: Non non, bouge, bouge, voilà, et tu sais, pour qu'on voit que la face comme ça... Non non, de l'autre côté...
00:16:05.900 - 00:16:27.520	Généralités: DEUX CONTRÔLES EN CONTRADICTION
00:16:06.140 - 00:16:13.280	Actions E2: Point de vue: le plan est orthogonal au plan frontal, les deux droites semblent parallèles Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:16:13.640 - 00:16:16.320	Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:16:13.640 - 00:16:16.400	E1: Il y en a une, elle est au dessus de l'autre. Tu vois?
00:16:16.660 - 00:16:18.200	E2: Mais ouais, même si elle est plus loin...
00:16:18.620 - 00:16:27.480	Actions E2: Même point de vue, en superposant les droites Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:16:25.280 - 00:16:27.520	E2: D'un autre côté, là, elles se touchent, tu sais...
00:16:27.560 - 00:16:33.020	Actions E2: Plan créé parallèle au plan frontal Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:16:33.260 - 00:16:36.140	E2: Faut qu'on regarde si...
00:16:35.400 - 00:16:39.560	E1: C'est une illusion en fait, les mesures l'indiquent! Elles se touchent pas...
00:16:42.540 - 00:16:45.260	E2: Parce que, ouais, faudrait voir si elles sont pas...
00:16:46.700 - 00:16:49.960	E2: Regarde, elles sont pas sur la même ligne?
00:16:46.780 - 00:16:52.740	Actions E2: désigne les deux droites, l'une semblant prolonger l'autre Outil E2: Désigner avec le pointeur
00:16:54.780 - 00:17:11.940	Actions E2: tente de créer une droite joignant les deux autres, mais mauvais contrôle de la perspective Outil E2: Droite: par deux points
00:17:13.320 - 00:17:15.120	E2: Attends on va faire ça comme ça.
00:17:14.860 - 00:17:40.420	Actions E2: Problème de contrôle de l'outil "perpendiculaire" Outil E2: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:17:40.960 - 00:17:50.280	E2: Tu sais pour tracer une droite qui serait parallèle à ça...
00:17:51.200 - 00:17:53.920	E1: Je sais, je sais!
00:17:53.780 - 00:17:54.680	E2: Vas-y?
00:17:54.620 - 00:17:56.240	E1: Ouais! Met parallèle!
00:17:54.620 - 00:17:56.240	Actions E2: Parallèle à D1 par un point de D2 Outil E2: Parallèle: à droite, par point
00:17:56.960 - 00:18:07.340	E1: Tu mets parallèle à ça [D1], celle là, passant par un nouveau point [de D2], celle là.
00:18:04.560 - 00:18:22.660	Généralités: OPPOSITION DE DEUX CONTROLES



00:18:07.580 - 00:18:10.900	Actions E2: Comme ça on voit si elles sont confondues.
00:18:09.840 - 00:18:11.460	E1: Tu vois, elles sont confondues, là.
00:18:13.980 - 00:18:17.140	Actions E2: Ouais, ah ouais mais c'est pour voir si elles sont parallèles!
00:18:17.520 - 00:18:19.740	E1: Ouais! Elles sont parallèles!
00:18:19.980 - 00:18:24.360	E2: Ben non puisque là c'est 89 degrés! Donc elles se coupent forcément quelque part!
00:18:24.800 - 00:18:33.020	E1: Non! Non! Trop pas, parce que le prof il l'a dit tout à l'heure, il a dit que c'est pas forcément si elles sont perpendiculaire à une même droite qu'elles sont parallèles.
00:18:26.080 - 00:18:27.700	E2: C'est sûr et certain
00:18:33.940 - 00:18:35.520	E1: Et c'est ça qu'on est en train de voir.
00:18:35.580 - 00:18:37.280	E2: Mais elles sont pas parallèles, là.
00:18:37.380 - 00:18:41.760	E1: Elles sont... Elles sont peut être pas parallèles, mais elles se touchent pas! Donc: elles se touchent pas!
00:18:41.260 - 00:18:59.620	Actions E1: Change de point de vue au hasard, et il apparaît que la droite parallèle à D1 par D2 n'est pas confondue avec D2 Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:18:42.380 - 00:18:44.440	E2: Parce qu'elles sont au dessus l'une de l'autre!
00:18:44.760 - 00:19:02.780	Généralités: CHANGEMENT DU TYPE DE D'ARGUMENTATION: DU DESCRIPTIF ET PROCEDURAL, ON PASSE A UNE DISCUSSION MATH
00:18:46.100 - 00:18:50.740	E1: Et puis même, tu vois, elles sont... quoique regarde!
00:18:52.340 - 00:18:59.620	E2: Si, regarde, elles sont pas... elle est là, et l'autre elle est là! Je t'ai dit, c'est 89, les deux là elles sont parallèles, mais pas...
00:18:59.320 - 00:19:02.940	E1: Oui ok, mais c'est pas pour ça qu'elles doivent se toucher, tu vois!
00:19:03.100 - 00:19:05.260	E2: Oui parce qu'il en aura peut être une au dessus de l'autre.
00:19:04.680 - 00:19:06.060	E1: Il n'y aura jamais un point d'intersection!
00:19:06.300 - 00:19:13.460	E2: Parce qu'il y en a une au dessus de l'autre, mais c'est ça en fait ce que je voulais faire, tu sais c'était tracer une ligne qui passerait par ça et par ça, enfin.
00:19:11.980 - 00:19:23.120	Actions E1: Supprime toutes les constructions faites à partir des droites.
00:19:13.480 - 00:19:14.100	E1: Attends...
00:19:14.060 - 00:19:15.620	E2: Sinon viens on construit un carré!
00:19:18.600 - 00:19:23.360	E1: Mais ça sert à rien de toute façon, parce que c'est pas parce qu'elles sont pas parallèles que, justement c'est le prof qui l'a dit tout à l'heure!
00:19:23.580 - 00:19:56.680	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:19:24.760 - 00:19:27.680	E1: Faut juste voir si elles s'intersectent...
00:19:33.760 - 00:19:34.880	E2: On peut pas le voir!
00:19:35.000 - 00:19:37.320	E1: Ouais mais elles s'intersectent pas dans...
00:19:37.060 - 00:19:49.140	E2: Mais parce que, en fait il y a deux trucs c'est: soit, de toute façon à la base elles sont pas parallèles, donc si elles sont pas parallèles et qu'elles sont sur le même plan, eh bien elles se croisent.
00:19:47.560 - 00:19:50.100	E1: Elles sont pas sur le même plan, elles sont dans l'espace!
00:19:50.440 - 00:19:54.160	E2: Non mais si elles sont, si elles sont euh...
00:19:55.900 - 00:19:58.800	E2: Pas l'une au dessus de l'autre quoi, c'est ça que je veux dire!
00:19:56.680 - 00:20:01.500	E1: Si tu veux on peut regarder si il y a un point d'intersection, hein, mais il n'y a pas de point d'intersection, tu vois...
00:19:56.680 - 00:20:01.500	Actions E1: Cherche à mettre en surbrillance les deux droites simultanément Outil E1: Point: intersection
00:20:01.760 - 00:20:14.240	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:20:01.820 - 00:20:03.980	E2: Bah non, pas qui est visible, mais...
00:20:04.280 - 00:20:05.920	E2: Vu qu'elles sont infinies...
00:20:05.060 - 00:20:07.880	E1: C'est juste ce qu'on voit, hein! C'est pas après, hein!
00:20:07.860 - 00:20:08.960	E2: Bah si c'est après!
00:20:08.740 - 00:20:09.680	E1: Non non, bien sûr que non!
00:20:09.840 - 00:20:14.240	E2: C'est... une droite c'est infini, donc ça se coupe forcément quelque part, si elles sont pas parallèles!
00:20:15.960 - 00:20:20.680	E1: C'est pas grave, hein, au pire on met qu'on sait pas...
00:20:30.400 - 00:20:33.500	E1: Moi je pense qu'elles se touchent pas. Qu'elles se toucheront jamais...
00:20:33.300 - 00:20:34.460	Généralités: 2 7
00:20:34.180 - 00:20:38.900	E3: Alors, deux avis. Toi, c'est quoi ta justification?
00:20:35.220 - 00:20:50.680	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:20:50.680 - 00:21:09.060	Actions E1: Cherche à désigner le point d'intersection: les deux droites sont en surbrillance et un message proposant de créer l'intersection apparaît, même si le point n'est pas visible. Outil E1: Point: intersection
00:20:55.840 - 00:20:58.800	E1: Tu vois? Elles, elles s'interceptent!
00:21:01.140 - 00:21:09.340	E3: On est où là? Dans le 7? Attends attends déjà j'écris pour le 6! Donc toi tu dis "il y a une intersection", parce que?
00:21:09.880 - 00:21:13.020	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:21:11.760 - 00:21:13.120	E3: Pourquoi y en a une?
00:21:13.360 - 00:21:14.400	E1: De quoi?
00:21:14.480 - 00:21:15.640	E3: Ah non toi tu penses qu'il n'y en a pas?
00:21:15.640 - 00:21:16.200	E1: Ouais.
00:21:16.840 - 00:21:17.500	E3: Pourquoi?
00:21:18.820 - 00:21:23.080	E1: Parce que... elles se toucheront jamais, vu qu'elles sont superposées.
00:21:26.780 - 00:21:27.800	Généralités: 2 8
00:21:27.920 - 00:21:30.280	E3: Et, deuxième avis...
00:21:30.840 - 00:21:32.160	Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:21:32.180 - 00:21:35.580	E1: Elles elles sont, elles sont, regarde. Elles elles sont superposées.
00:21:35.820 - 00:21:38.160	E1: Donc, le 7 et le 8 elles sont superposées.
00:21:39.520 - 00:21:42.360	E1: Enfin, elles sont pas superposées, elles sont...
00:21:39.520 - 00:21:52.160	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:21:44.440 - 00:21:55.440	E1: Tu vois là elles se touchent de partout, regarde. Même si on les bouge de partout et tout elles se toucheront toujours, regarde. Tu vois? Là on peut faire le point d'intersection des deux!
00:21:52.340 - 00:21:56.000	Actions E1: Cherche à mettre les deux droites en surbrillance Outil E1: Point: intersection
00:21:53.480 - 00:21:56.320	E2: Mais tu sais quand... quand... ouais...
00:21:56.320 - 00:22:04.460	E3: Mais attends deux secondes! Parce que t'en es à la 8 là déjà, moi j'en suis qu'à la 6. Donc, pas parallèles...
00:22:08.020 - 00:22:11.180	E3: En fait notre problème c'est ça, c'est de voir si elles sont sur le même plan ou pas.
00:22:11.500 - 00:22:14.440	E1: Mais elles sont pas sur le même plan, elles sont sur l'espace!
00:22:17.440 - 00:22:21.500	E2: Mais, regarde, vas-y remets la 6.
00:22:29.160 - 00:22:30.600	Généralités: 2 6
00:22:31.480 - 00:22:33.220	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:22:35.020 - 00:22:38.440	E2: Vas-y, construit, euh, un plan.
00:22:39.300 - 00:22:47.360	Généralités: problème quand pas assez de contrôles théoriques pour utiliser les outils
00:22:39.300 - 00:22:47.360	E2: Fais un plan perpendiculaire... A cette droite... Non, et pas à celle là.

00:22:39.300 - 00:23:02.400	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:23:09.900 - 00:23:12.320	E1: perpendiculaire à cette droite.
00:23:09.920 - 00:23:15.160	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:23:12.340 - 00:23:14.960	E2: Et puis on met un point au hasard, au pire!
00:23:18.020 - 00:23:19.600	Outil E1: Annule
00:23:29.940 - 00:23:35.740	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:23:36.160 - 00:23:39.300	Généralités: PROBLEMES DE TERMINOLOGIE QUI APPARAISSENT: ÊTRE sur LE MÊME PLAN?
00:23:36.160 - 00:23:39.300	E1: Tu vois? Ils sont forcément sur le même plan!
00:23:43.880 - 00:23:46.360	E3: Donc ça veut dire qu'il n'y en a pas.
00:23:46.360 - 00:23:47.300	E1: De quoi?
00:23:47.320 - 00:23:49.700	E3: Si elles sont sur le même plan et qu'elles sont pas parallèles.
00:23:50.420 - 00:23:56.240	E2: Bah oui, mais parce que elles sont forcément sur le même plan, vu que tu peux mettre un truc plat, qui touche les deux droites!
00:23:56.440 - 00:23:56.840	E1: Oui...
00:23:57.100 - 00:24:02.160	E2: Même si c'est dans l'espace, regarde. J'ai mes deux qui sont comme ça....
00:24:03.000 - 00:24:04.440	E1: C'est toi qui a raison, allez je m'en fous...
00:24:05.460 - 00:24:09.480	E2: Non mais c'est pas ça, c'est pas que je veux avoir raison, c'est que je veux trouver la vérité.
00:24:09.800 - 00:24:10.640	Généralités: 2 7
00:24:10.780 - 00:24:13.020	E1: Donc le 7, ils se touchent pas. Je te le dis, hein...
00:24:13.620 - 00:24:15.580	E3: D'accord. Donc le 7, non, pourquoi?
00:24:14.580 - 00:24:21.860	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:24:17.440 - 00:24:19.820	E1: Parce que, regarde! Euh, si, elles se touchent!
00:24:23.780 - 00:24:31.220	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:24:24.400 - 00:24:27.220	E1: Ouais, on peut faire un point d'intersection, attends tout à l'heure j'avais trop bien fait, là.
00:24:31.840 - 00:24:41.960	Actions E1: Désigne le point d'intersection et met les deux droites en surbrillance. Outil E1: Point: intersection
00:24:31.880 - 00:24:34.240	E1: Si tu veux on peut faire un point d'intersection en fait, tu vois?
00:24:34.880 - 00:24:35.700	E2: Ah ouais!
00:24:48.360 - 00:24:50.360	E1: Si tu veux on peut refaire un nouveau point, tu vois?
00:24:51.900 - 00:24:53.900	E2: Ah ouais: un nouveau point, intersection.
00:24:54.090 - 00:24:55.950	E3: Donc: intersection...
00:24:54.950 - 00:24:55.870	Généralités: 2 8
00:24:56.130 - 00:25:03.460	Outil E1: Point: intersection
00:24:57.750 - 00:24:59.130	E2: ... par un nouveau point.
00:25:03.340 - 00:25:04.960	E1: La 8 c'est pareil.
00:25:07.160 - 00:25:18.520	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:25:07.160 - 00:25:20.640	E1: Bah c'est logique. Tu vois j'ai fait un point d'intersection, et là, tu vois si tu veux, si tu regardes, eh ben elles se couperont toujours en fait, tu vois! Elles se coupent toujours, et ça se voit.
00:25:26.200 - 00:25:27.560	Généralités: 3 1: appliquent la même consigne
00:25:28.860 - 00:25:31.480	E2: On est dans le 3 là, maintenant?
00:25:31.280 - 00:25:31.900	E1: Oui
00:25:33.360 - 00:25:57.860	Actions E1: Tente de superposer les deux droites Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:25:40.800 - 00:25:43.600	E1: Hum, oui, je pense qu'elles se touchent, hein...
00:25:43.660 - 00:25:44.660	E2: Non non, elles se touchent pas.
00:25:44.840 - 00:25:46.440	E3: Bah on va faire un machin parallèle!
00:25:48.700 - 00:25:54.980	E1: Mais, je te dis c'est pas forcément... C'est le prof qui l'a dit tout à l'heure! Je suis pas en train de me l'inventer, Maud...
00:25:56.620 - 00:25:57.860	E2: Mais attends je vais lui demander, parce que je ne comprends pas bien.
00:26:03.760 - 00:26:05.640	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:26:11.440 - 00:26:12.460	Outil E1: Angle: droite, plan
00:26:13.960 - 00:26:15.140	Outil E1: Angle: droite, plan
00:26:16.980 - 00:26:17.580	E1: 90
00:26:18.360 - 00:26:20.360	E1: 90! Elles sont parallèles!
00:26:18.360 - 00:26:20.360	E2: Elles sont parallèles!
00:26:20.840 - 00:26:26.840	E2: Donc y a pas de point d'intersection. Donc forcément parce que, deux droites qui sont comme ça elles se toucheront jamais...
00:26:26.600 - 00:26:27.060	E1: Oui...
00:26:29.560 - 00:26:32.980	E1: Et même si elles sont comme ça... elles se toucheront jamais.
00:26:52.340 - 00:26:53.220	Généralités: 3 2
00:26:53.280 - 00:26:56.940	Actions E1: Cherche à faire apparaître les droites comme superposées Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:26:58.000 - 00:26:59.740	E2: Tu sais que si ça se trouve c'est toi qui a raison...
00:27:00.140 - 00:27:00.760	E1: De quoi?
00:27:00.860 - 00:27:17.560	E2: Mais parce que j'arrive pas à voir... à l'expliquer. Parce que, tu sais les... les machin elles sont comme ça, et tu peux forcément les mettre sur un plan comme ça! Mais c'est pas pour autant qu'elles, euh... Bref on sait pas. Mais... on sait pas trop.
00:27:18.106 - 00:27:20.199	E2: Bref, donc "droites apparemment parallèles..."
00:27:21.293 - 00:27:24.466	E2: Donc elles sont en effet parallèles... Donc, pas de point d'intersection.
00:27:22.266 - 00:27:26.199	Outil E1: Parallèle: à droite, par point
00:27:24.466 - 00:27:26.173	E1: Voyons si celles-là sont parallèles.
00:27:27.253 - 00:27:28.466	E2: Tes dans le 3 2, là?
00:27:30.239 - 00:27:34.692	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:27:37.905 - 00:27:40.665	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:27:49.891 - 00:27:51.185	E1: Donc, voyons les angles.
00:27:51.813 - 00:27:54.080	Outil E1: Angle: droite, plan
00:27:54.626 - 00:27:56.306	Outil E1: Angle: droite, plan
00:27:56.506 - 00:28:00.386	E1: Ce plan là, 90: ça et ça, 90 pareil!
00:28:05.505 - 00:28:06.438	Généralités: 3 3
00:28:06.372 - 00:28:08.398	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:28:08.758 - 00:28:10.692	E2: Attends mais je vais demander au prof...
00:28:22.238 - 00:28:26.984	E1: Ouais... Parce que, si elles sont perpendi... Si elles sont parallèles, de toute façon elles ne se toucheront jamais, ça c'est sûr.
00:28:22.238 - 00:29:01.213	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:28:31.330 - 00:28:35.224	E1: Parce que de toute façon la définition de deux droites qui sont parallèles c'est deux droites qui ne se toucheront jamais, quoi...
00:28:58.226 - 00:29:01.213	E1: Mouais, elles se toucheront jamais, hein... Celles-ci non plus en fait.
00:29:01.256 - 00:29:02.586	E2: Non, celles-ci c'est sûr.
00:29:03.123 - 00:29:06.789	E2: Mais parce que les autres, je te jure, ça m'obsède ce machin.
00:29:07.212 - 00:29:17.266	E2: Mais parce que, regarde, t'as deux droites... [semble prendre des stylos] T'as deux droites comme ça. Mais, on peut pas savoir...
00:29:17.838 - 00:29:24.585	E2: Parce que... regarde, là t'as forcément un plan où...où elles... qui irait aux deux, tu sais...
00:29:29.092 - 00:29:32.466	E2: Elles, elles se toucheront jamais, c'est sûr, tant qu'elles sont parallèles.
00:29:32.599 - 00:29:33.586	E1: Quoi que, regarde.
00:29:33.599 - 00:29:34.506	E2: Si elles sont comme ça...



00:29:34.546 - 00:29:36.466	E1: Non non, regarde...
00:29:40.825 - 00:29:47.158	E1: Là si tu veux ça va continuer... tu vois... donc ça se peut qu'elles se coupent.
00:29:41.025 - 00:29:42.038	E2: On peut faire un plan.
00:29:48.105 - 00:29:50.971	E2: Non parce que ça, ça peut pas descendre. Une droite c'est... droit!
00:29:51.025 - 00:29:54.385	E1: Mais non mais si, si elle est comme ça, si, elle va...
00:29:54.398 - 00:29:55.598	E2: Ah ouais si elle est comme ça et qu'elle est comme ça...
00:29:57.173 - 00:30:00.533	E1: Ca continue, ça continue, vas-y vas-y vas-y...
00:30:00.626 - 00:30:05.493	E2: Mais non parce que vu qu'elles... vu que... Ben non vu que le point d'intersection il est... [rires]
00:30:12.892 - 00:30:18.372	E1: Non mais ça dépend, hein, regarde... Si là elle est comme ça, et là elle est comme ça, ben euh...
00:30:20.265 - 00:30:21.012	E2: Ouais, mais non...
00:30:22.132 - 00:30:24.265	E3: Bon allez! C'est pas grave, on s'en fiche!
00:30:24.333 - 00:30:30.480	E2: En fait faut que ça fasse comme ça quoi [onomatopé genre grésillement]. Mais là oui! Mais là elles se coupent pas. Mais... elles se coupent! C'est comme des droites qui se coupent...
00:30:37.639 - 00:30:39.346	E1: 3_3 elles se coupent pas!
00:33:19.126 - 00:33:19.60600:30:42.413 - 00:30:43.533	E3: 3_2?
00:30:43.173 - 00:30:43.533	Généralités: 3_2
00:33:21.646 - 00:33:23.60600:30:46.520 - 00:30:47.440	E1: Ouais, elles se coupent pas...
00:30:48.013 - 00:30:49.173	E1: 3_3 non plus.
00:30:49.839 - 00:30:51.519	E3: 3_3 pourquoi?
00:33:40.500 - 00:33:42.92000:30:53.079 - 00:30:54.213	E3: 3_3 pourquoi?
00:30:55.506 - 00:30:56.919	E1: Parce que elles sont parallèles
00:30:56.946 - 00:30:58.119	E2: On a vérifié?
00:30:58.173 - 00:30:59.932	E1: Elles sont parallèles. Oui. J'ai vérifié.
00:31:08.479 - 00:31:13.386	E3: De toute façon si elles sont parallèles, qu'elles soient comme ça, comme ça ou comme ça, elles se couperont pas quoi, c'est sûr.
00:31:08.706 - 00:31:09.639	Généralités: 3_4
00:31:09.946 - 00:31:14.559	Actions E1: Cherche à superposer les droites Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:31:13.999 - 00:31:14.559	E1: Voilà...
00:31:15.265 - 00:31:15.879	E1: Ca, euh...
00:31:18.599 - 00:31:20.252	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:31:24.465 - 00:31:25.212	Outil E1: Angle: droite, plan
00:31:25.705 - 00:31:26.319	Outil E1: Angle: droite, plan
00:31:29.038 - 00:31:30.265	E1: 90...
00:31:31.745 - 00:31:32.998	E1: 90 aussi, pareil.
00:31:33.451 - 00:31:34.891	E3: Donc ça c'est 3_4?
00:31:35.278 - 00:31:35.811	E1: Oui.
00:31:36.680 - 00:31:37.373	Généralités: 3_5
00:31:38.146 - 00:31:42.693	Actions E1: Superpose les droites. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:31:46.519 - 00:31:48.079	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:31:51.759 - 00:31:54.119	E1: Je crois pas qu'elles soient parallèles, elles...
00:31:53.679 - 00:31:54.652	Outil E1: Angle: droite, plan
00:31:57.252 - 00:31:57.946	Actions E1: Les deux angles valent 90° Outil E1: Angle: droite, plan
00:32:00.052 - 00:32:01.239	E1: La même...
00:32:03.760 - 00:32:04.880	Généralités: 3_7
00:32:05.213 - 00:32:09.813	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:12.240 - 00:32:13.573	Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:32:17.226 - 00:32:18.652	Outil E1: Angle: droite, plan
00:32:19.812 - 00:32:20.826	Outil E1: Angle: droite, plan
00:32:22.012 - 00:32:24.026	E1: Ah ben non, là elles sont pas parallèles, regarde.
00:32:26.106 - 00:32:27.046	E3: 6 non?
00:32:29.666 - 00:32:30.986	E2: 6 elles se touchent pas.
00:32:30.586 - 00:32:32.666	E1: Mais on est bêtes, regarde! Edition, annuler.
00:32:30.926 - 00:32:33.046	Outil E1: Annule
00:32:33.466 - 00:32:34.106	Outil E1: Annule
00:32:34.906 - 00:32:35.566	Actions E1: Revient à la configuration initiale Outil E1: Annule
00:32:35.766 - 00:32:38.486	E1: Regarde: elles se touchent, là, ça se voit!
00:32:35.766 - 00:32:38.486	Actions E1: Désigne sans prendre le temps de mettre les droites en surbrillance simultanément Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:32:39.286 - 00:32:39.846	E1: Là!
00:40:29.060 - 00:40:30.00000:32:39.526 - 00:33:07.426	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:39.926 - 00:32:44.586	E2: Mais non mais parce que c'est, je t'ai dit, même les droites parallèles ça fait autoroute...
00:40:31.120 - 00:40:31.92000:32:45.446 - 00:32:46.166	E1: Non mais même...
00:32:46.226 - 00:32:47.446	E2: Tu peux pas juger...
00:40:37.580 - 00:40:40.74000:32:47.266 - 00:32:51.366	E1: Là, regarde, regarde, tu la vois dans tous les sens, les deux droites elles sont comme ça...
00:32:52.006 - 00:32:55.426	E1: Tu la vois dans tous les sens, regarde! Tu la vois comme ça, comme ça...
00:32:56.986 - 00:32:59.22600:40:42.470 - 00:40:46.670	Généralités: INCAPACITE DU VISUEL A CONVAINCRE
00:32:58.986 - 00:32:59.226	E1: Comme ça et... elles se... elles se...
00:40:58.670 - 00:41:03.31000:33:07.366 - 00:33:09.846	E1: Non non, mais là j'en suis sûre elles se coupent.
00:41:03.980 - 00:41:09.76000:33:13.966 - 00:33:19.146	E2: Monsieur? Je vais vous poser une question. Deux droites parallèles, elles se coupent jamais?
00:41:13.700 - 00:41:15.96000:33:19.846 - 00:33:21.646	Enseignant(e): C'est vrai.
00:41:17.500 - 00:41:18.76000:33:23.086 - 00:33:24.066	E2: Qu'elles soient comme ça, ou comme ça?
00:33:24.220 - 00:33:40.460	Enseignant(e): Finalement ça change rien, c'est juste une question de point de vue, là.
00:41:17.500 - 00:41:18.76000:33:23.086 - 00:33:24.066	E2: Oui, voilà.
00:33:24.220 - 00:33:40.460	E2: Et, après j'ai une autre question. Deux droites... Parce que... Comment on peut vérifier que deux droites qui sont comme ça, donc on a vu l'angle de 89 degrés, donc comme ça, qu'elles sont pas euuh... qu'elles se coupent pas? Comment on peut vérifier ça?
00:41:20.480 - 00:41:24.300	Enseignant(e): Ah ben ça c'est à vous de trouver! Ca c'est votre travail!
00:33:43.580 - 00:33:44.380	E2: Ok...
00:34:36.340 - 00:34:37.540	Généralités: 3_7
00:41:27.360 - 00:41:28.88000:34:44.240 - 00:34:47.340	Actions E1: Désigne alternativement les deux droites Outil E1: Désigner avec le pointeur
00:41:31.340 - 00:41:36.92000:34:44.900 - 00:34:48.120	E1: Regarde, ça se voit qu'elle est sur l'autre! Tu vois, elle est au dessus.
00:34:48.400 - 00:34:49.700	E2: Elle est au dessus, oui...
00:41:38.800 - 00:41:40.88000:34:50.720 - 00:34:54.160	E2: Celui-là on va regarder si elles sont parallèles, ce sera une justification...
00:34:50.720 - 00:34:54.160	Outil E2: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:41:41.520 - 00:41:44.80000:35:05.920 - 00:35:07.000	Outil E2: Angle: droite, plan

00:35:07.000 - 00:35:07.780	Actions E2: Les deux angles différent: 90 et 88 Outil E2: Angle: droite, plan
00:35:09.660 - 00:35:11.120	E1: Là déjà elles sont pas parallèles.
00:35:11.480 - 00:35:21.200	E2: Et maintenant c'est ça en fait. Comment... En fait il faudrait construire un plan, mais perpendiculaire à ça [D1] et perpendiculaire à.. que perpendiculaire à ça [D1]. [en fait, elle semble désigner un plan qui contiendrait une perpendiculaire à D1 et D1: un plan ne passant que par D1. La tentative de construction suivante confirme]
00:35:11.480 - 00:35:21.200	Outil E2: Désigner avec le pointeur
00:35:22.200 - 00:35:27.600	E2: Genre un plan qui passerait comme ça! Un carré! Viens on fait un carré.
00:35:29.800 - 00:35:33.780	Actions E2: Cherche à faire un carré dont un côté serait dans D1 Outil E2: polygone régulier: axe, point
00:35:30.240 - 00:35:32.080	E1: "carré, autour de cette droite"
00:35:32.120 - 00:35:33.720	E2: Non, pas autour!
00:35:37.160 - 00:35:38.840	E2: Non, je veux pas un truc "autour de cette droite"
00:35:40.980 - 00:35:42.540	E1: Change de point de vue!
00:35:40.980 - 00:36:02.960	Actions E2: Cherche à faire apparaître les droites parallèles au plan frontal Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:35:46.940 - 00:35:47.340	E1: Comme ça!
00:35:48.060 - 00:35:51.960	E3: Et même on peut forcément... Comme ça, et ça...
00:35:51.680 - 00:35:52.820	E2: On peut pas voir.
00:35:54.000 - 00:35:59.440	E1: Oh je sais, mais on est bêtes! Là regarde, ça serait perpendiculaire à ça, à ce plan!
00:36:00.200 - 00:36:02.980	E1: Regarde, passe moi la souris.
00:36:03.860 - 00:36:12.100	E1: Alors... perpendiculaire... droite... passant par ce plan.
00:36:03.860 - 00:36:12.100	Actions E1: Trace des perpendiculaire au plan perpendiculaire à D1 Outil E1: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:36:13.320 - 00:36:15.980	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:36:15.840 - 00:36:17.340	E2: Ouh là, qu'est ce que tu fais, là?
00:36:24.940 - 00:36:34.820	Actions E1: Tente de faire pareil pour D2, mais crée par erreur un plan perpendiculaire à D2 Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:36:35.200 - 00:36:38.060	E1: Mais pourquoi les plans c'est juste comme ça? [perpendiculaires aux droites]
00:36:38.280 - 00:36:42.880	E2: Je sais! Attends, on avait fait comment hier? "contrôle"?
00:37:08.130 - 00:37:15.790	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:37:08.820 - 00:37:13.340	E2: Peut être un carré on pourrait le faire! Attends, viens on essaye
00:37:13.790 - 00:37:15.990	E3: Mais, regarde, mais voilà on voit qu'elles sont pas...
00:37:35.440 - 00:37:46.600	
00:39:08.960 - 00:39:14.760	E2: Mais comment on fait pour construire un carré là? Moi je veux un carré pour montrer que c'est pas...
00:39:33.500 - 00:39:41.180	Actions E2: Tente d'utiliser l'outil "carré", sans succès Outil E2: polygone régulier: axe, point
00:40:30.000 - 00:40:30.620	Enseignant(e): Vous c'est bon?
	E2: Non
	Enseignant(e): Pourquoi?
00:40:32.280 - 00:40:38.860	E2: On trouve pas... J'aimerais bien faire un truc, là, pour montrer que c'est pas à la même hauteur... dans le plan... Et je sais pas quoi faire.
	Enseignant(e): A la même hauteur dans le plan... Comment ça?
00:40:39.690 - 00:40:41.130	E2: Bah qu'il y en a un...
	Enseignant(e): Ca c'est une question de point de vue, la même hauteur dans le plan, non? Pardon, vas-y, explique moi ce que tu veux.
00:40:47.410 - 00:40:58.430	E2: Parce que, vu qu'elles sont pas parallèles, elles sont sensées se croiser! Mais si il y en a une qui est au dessus de l'autre, elles vont pas se croiser.
	Enseignant(e): Oui mais le problème c'est que "au dessus", c'est une question de point de vue, tu vois? ça dépend d'où tu regardes.
	Enseignant(e): Là t'en as une au dessus de l'autre, tu retournes elle va être en dessous... Ca veut pas dire grand chose, en fait.
00:41:09.940 - 00:41:12.580	E2: Et comment on peut dire...
	Enseignant(e): Donc, en fait c'est pas...
00:41:15.460 - 00:41:17.120	E2: Qu'elles sont pas sur la même...
	Enseignant(e): Bah qu'elles vont être, en gros qu'elles vont être comme ça, quoi.
00:41:18.800 - 00:41:19.700	E2: Oui voilà.
	Enseignant(e): Alors réfléchis à ce que ça veut dire "deux droites qui sont comme ça". Comment tu peux les qualifier?
00:41:24.380 - 00:41:24.960	E3: Elles se couperont jamais!
00:41:25.520 - 00:41:26.560	E2: C'est des droites qui se touchent pas.
	Enseignant(e): Oui... C'est vrai.
	Enseignant(e): En fait la différence c'est entre deux droites qui sont là, qui se baladent dans un plan, et des droites qui sont comme ça.
00:41:36.840 - 00:41:38.180	E2: Ben elles sont dans un plan différent.
	Enseignant(e): Ouais. On peut pas les mettre dans le même plan, en fait.
00:41:39.120 - 00:41:40.540	E1: Elles sont dans l'espace! Elles...
	Enseignant(e): Et donc en fait ça va être ça que tu vas pouvoir regarder.
00:41:44.880 - 00:41:45.300	E2: D'accord.
00:41:45.500 - 00:41:46.660	E3: Mais elles sont dans le même plan, là...
00:41:47.480 - 00:41:53.620	E2: Ah mais en fait ça veut dire en fait faut créer un plan pour cette droite là...
00:43:56.320 - 00:43:59.260	Généralités: Fin. Session Alessandra Piana.

Etude de configurations de droites: sixième groupe

Temps	
00:00:07.990 - 00:00:08.420	Généralités: 1_1
00:00:09.390 - 00:00:10.160	E1: C'est quoi la question, en fait?
00:00:11.610 - 00:00:14.040	E2: Je sais pas.
00:00:21.720 - 00:00:23.450	E1: A? C'est quoi la question?
00:00:29.520 - 00:00:31.950	Généralités: (autre élève) Si ça se coupe, et pourquoi.
00:00:33.880 - 00:00:36.390	Généralités: Donc tu dis "ça se coupe parce qu'elles sont pas parallèles"...
00:00:36.600 - 00:01:19.680	Actions E1: Observation naïve Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:01:07.500 - 00:01:08.330	
00:01:20.780 - 00:01:24.670	E1: Monsieur, il faut faire quoi exactement? Enfin...
00:01:25.130 - 00:01:36.210	Enseignant(e): Juste étudier les configurations que je vous ai donné, et me dire si vous pouvez décider que les droites se coupent ou ne se coupent pas. Mais il y a des cas où ça va être très simple! Ca va vous prendre 30
00:01:36.460 - 00:01:39.140	E1: On les regarde une par une, et on dit...
00:01:39.250 - 00:01:47.230	Enseignant(e): Oui, alors il y a des cas où les regarder, ça va peut être pas forcément suffire... Et j'aimerais bien que vous m'écriviez sur une feuille de papier lesquelles se coupent ou ne se coupent pas, et pourquoi...
00:01:47.280 - 00:01:49.610	E1: Et là on dit quoi, "ça se coupe" et... enfin j'ai pas...
00:01:49.610 - 00:01:50.990	Enseignant(e): Ca dépend, vous êtes sûres qu'elles se coupent?
00:01:52.080 - 00:01:53.770	E1: Ben ouais, on l'a bougé le truc et tout, et...
00:01:57.220 - 00:02:00.410	E1: Ben même en les tournant, elles restent...
00:01:57.220 - 00:02:08.850	Actions E1: Fait apparaître à l'écran le point d'intersection Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:02:00.490 - 00:02:02.290	Enseignant(e): Oui, a priori d'accord
00:02:02.940 - 00:02:03.500	E1: Même là. [multiplie les points de vue]
00:02:10.090 - 00:02:11.030	E2: Il faut dire pourquoi?
00:02:11.640 - 00:02:12.710	Enseignant(e): Il faut dire pourquoi, oui.
00:02:55.550 - 00:03:01.260	E2: Elles se coupent parce que... Euh, franchement tu veux dire quoi?
00:03:03.760 - 00:03:13.400	E1: Elles sont pas toutes les deux perpendiculaires au truc, donc que c'est des droites et elles se coupent bien à un moment ou à un autre... Même en écartant beaucoup...
00:03:03.760 - 00:03:13.400	Actions E1: déplace D1 sur le plan de base, ce qui permet d'explorer différentes configurations Outils E1:
00:03:15.580 - 00:03:22.940	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:19.570 - 00:03:22.940	E1: Même, genre en la mettant à 20 mètres il y aura un moment où elle coupera l'autre.
00:03:23.920 - 00:03:25.620	Actions E1: Eloigne les deux droites l'une de l'autre Outils E1: Manipulation: déplacement
00:03:25.710 - 00:03:33.860	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:38.040 - 00:03:41.660	E2: Ben je vois pas ce que tu veux dire, à part que "elles se coupent parce qu'elles sont pas parallèles"...
00:03:42.170 - 00:03:45.110	E1: Monsieur? Je comprends pas. J'y arrive pas...
00:03:43.940 - 00:03:45.560	Enseignant(e): Il y a des fois où ça va être très simple...
00:03:46.040 - 00:03:50.120	E1: Ouais ben... Tu le mets? Elles sont pas perpendiculaires à un même truc, du coup.
00:04:01.040 - 00:04:02.910	E1: Je referme?
00:04:20.500 - 00:04:21.450	Généralités: 1_2
00:04:24.300 - 00:04:26.090	Actions E1: Déplace D2 Outils E1: Manipulation: déplacement
00:04:31.670 - 00:04:39.170	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:04:34.450 - 00:04:38.190	Enseignant(e): [à un autre groupe] Si elles sont parallèles elles se coupent pas, d'accord, mais des fois elles sont pas parallèles et elles se coupent pas non plus.
00:04:39.170 - 00:04:42.170	E1: Elles sont pas parallèles et elles se coupent pas non plus?
00:04:39.170 - 00:05:22.257	Actions E1: Déplace les points (qui sont restés affichés) définissant les deux droites, pour regarder des positions particulières des droites Cherche à positionner les droites sur deux bords opposés de la représentation du plan de
00:05:20.060 - 00:05:22.257	E2: Mais pourquoi t'as changé la figure, là?
00:05:22.296 - 00:05:23.570	E1: T'as le droit de la changer, ou pas?
00:05:23.882 - 00:05:27.847	E2: Bah je sais pas, mais dans ce cas là, après t'as plus les mêmes trucs visibles, donc...
00:05:28.172 - 00:05:28.900	Généralités: 1_2
00:05:28.172 - 00:05:28.900	Actions E1: Réouvre la figure 2_2
00:05:37.077 - 00:06:09.642	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:06:10.929 - 00:06:12.775	E1: T'as écrit ou pas?
00:06:12.333 - 00:06:12.879	E2: Non...
00:06:16.376 - 00:06:22.343	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:06:20.510 - 00:06:23.370	E1: Bah ok ben là c'est pareil, à part que t'as les points. [les points de construction sont restés visibles]
00:06:29.818 - 00:06:35.252	Généralités: Cherchent à reconnaître dans les configurations connues
00:06:29.818 - 00:06:35.252	E1: En fait ça te fait genre un triangle, truc de Thalès...
00:06:45.353 - 00:06:46.276	E2: Tu passes à la suivante?
00:06:48.135 - 00:06:50.449	E1: T'as écrit la 2?
00:06:50.761 - 00:06:53.049	E2: Oui! Enfin c'est pareil de toute façon!
00:07:00.693 - 00:07:02.448	Généralités: 1_3
00:07:08.233 - 00:07:11.132	Actions E1: Désigne D1, près du point d'intersection Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:07:11.379 - 00:07:13.719	Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:07:14.941 - 00:07:18.139	E2: Ben là c'est pareil... Bon, passe à la suite!
00:07:18.568 - 00:07:22.624	E1: Non mais je pense qu'il faut trouver un autre truc, hein, elle vont se couper à chaque truc...
00:07:22.702 - 00:07:26.082	E2: Mais, non, attends, on verra! Si au bout de 15 fois ça se...
00:07:26.407 - 00:07:28.227	E1: Ca va être pareil...

00:07:29.904 - 00:07:30.710	Généralités: 1_4
00:07:32.866 - 00:07:35.245	E2: Alors là tu vois il y a...
00:07:35.245 - 00:07:36.740	E1: Non, c'est pareil! Pourquoi il n'y a pas de plan, là, pourquoi y a pas de...
00:07:36.675 - 00:07:39.015	E2: Pourquoi il n'y a pas de plan, là, pourquoi y a pas de...
00:07:40.029 - 00:07:41.953	E1: Bah ça revient au même...
00:07:41.966 - 00:07:47.374	E2: [à l'enseignant] Ca change quelque chose qu'il n'y ait pas de... plan, enfin de... truc gris, là?
00:07:47.363 - 00:07:51.835	Enseignant(e): Ca dépend, vous pensez que ça change quelque chose, vous trouvez que ça change quelque chose
00:07:50.353 - 00:07:51.289	E2: Non!
00:07:52.784 - 00:07:54.266	E2: Je pense pas...
00:07:56.112 - 00:08:00.467	E1: Mais, je comprends pas ce qu'il faut écrire! On le voit que... Que elles sont pas parallèles...
00:07:59.752 - 00:08:04.445	Enseignant(e): Mais il y a des cas où vous allez le voir, il n'y a pas de problème! Et puis des fois vous le verrez, et puis vous vous tromperez, des fois vous ne le verrez pas...
00:08:04.263 - 00:08:06.668	E1: Parce que là on a mis pareil, pour tous les cas!
00:08:06.277 - 00:08:07.148	Généralités: 1_5
00:08:06.473 - 00:08:08.553	E2: Bah, attends, on a fait, on n'en a fait...
00:08:09.385 - 00:08:14.572	Enseignant(e): Non, mais il y en a 25, donc il y en a aussi qui sont juste des trucs improductifs, quoi...
00:08:15.222 - 00:08:24.660	Enseignant(e): Pour que vous voyez comment ça se comporte, quels sont les trucs qui vont poser problème ou qui vont pas poser problème... C'est pas forcément que des trucs compliqués, hein!
00:08:19.719 - 00:08:21.032	Actions E1: Désigne D2 Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:08:26.648 - 00:08:28.416	E1: Ben là elles se coupent...
00:08:33.096 - 00:08:34.578	E2: Ouais, elles se coupent.
00:08:45.082 - 00:08:46.239	Généralités: 1_6
00:08:48.111 - 00:08:49.853	E1: Bon bah pareil...
00:08:53.974 - 00:08:54.689	Généralités: 1_7
00:08:57.965 - 00:08:59.200	E1: Et pareil...
00:09:08.066 - 00:09:08.612	Généralités: 2_1
00:09:12.525 - 00:09:13.357	E1: Pareil...
00:09:17.491 - 00:09:18.206	E2: Attends, attends!
00:09:17.803 - 00:09:18.362	Généralités: 2_2
00:09:22.769 - 00:09:23.757	E1: Pareil...
00:09:25.629 - 00:09:26.669	E1: Ca va être pareil pour toutes...
00:09:26.630 - 00:09:28.177	E2: Je crois qu'il y a une histoire de plan, aussi.
00:09:28.853 - 00:09:31.804	E2: Genre si elles sont pas sur le même plan, elles ont beau ne pas être parallèles, elles ne se couperont pas
00:09:29.711 - 00:09:30.283	Généralités: 2_3
00:09:32.506 - 00:09:33.039	E1: Quoi?
00:09:34.599 - 00:09:39.903	E2: Si elles sont pas sur le même plan, même si elles sont pas parallèles, je crois qu'elles ne se coupent pas.
00:09:42.633 - 00:09:44.141	E1: Ben pourquoi pas?
00:09:44.142 - 00:09:44.610	E2: Ben je sais pas
00:09:44.584 - 00:09:50.148	E1: Ben elles se couperont bien à un moment, quand elles sont parallèles elles... Si elles sont pas parallèles, elles se
00:09:48.055 - 00:09:49.017	E2: Mais, c'est ce qu'il a dit tout à l'heure le prof.
00:10:05.748 - 00:10:06.281	Généralités: 2_4
00:10:11.832 - 00:10:15.108	E1: Bon attends, on regarde vite fait tout, parce que sinon...
00:10:18.592 - 00:10:19.801	Généralités: 2_8
00:10:38.573 - 00:10:39.327	Généralités: 3_2
00:10:51.287 - 00:10:57.657	E1: Mais c'est obligé de toute façon, si elles sont pas parallèles, elles sont pas parallèles, et les droites elles se
00:10:54.927 - 00:10:55.421	Généralités: 3_5
00:11:14.271 - 00:11:16.884	E2: Tu penses pas que ça peut être un effet d'optique ce truc là?
00:11:17.651 - 00:11:20.472	E2: Regarde, par exemple, tu, tu...
00:11:20.472 - 00:11:24.411	E1: Oui mais là elles sont pas parallèles, t'es d'accord?
00:11:24.554 - 00:11:38.672	E2: Non, mais regarde, par exemple t'es à la bastille, t'es au sommet de la bastille. Tu regardes le cours Jean Jaurès, eh ben tu le vois comme ça le cours Jean Jaurès alors que le cours Jean Jaurès il est... parallèle... et tu le
00:11:37.190 - 00:11:48.305	Généralités: Visuel peu fiable => nouveaux moyens de contrôle, visuel instrumenté
00:11:37.190 - 00:11:48.305	E1: Non mais là... Là elles le sont pas... Enfin, je sais pas, à la limite tu mesures les angles et tu fais une droite qui
00:11:51.100 - 00:11:52.933	E2: tu vas le voir comme ça? T'es d'accord avec moi?
00:12:00.603 - 00:12:06.232	E1: Mais genre là tu les fais continuer, ben elles vont se croiser.
00:12:06.765 - 00:12:09.300	E2: Mais non je pense pas, parce que...
00:12:23.145 - 00:12:26.382	E1: Là elles continuent les droites, elles vont se croiser.
00:12:34.351 - 00:12:35.456	Généralités: 3_7
00:12:49.925 - 00:12:51.173	Généralités: 3_1
00:12:58.687 - 00:13:00.468	Enseignant(e): Vous en êtes déjà là?
00:13:00.962 - 00:13:06.188	E2: Non non, mais on essaie de tout regarder d'un coup pour savoir si on va pas devoir dire tout le temps la même
00:13:07.410 - 00:13:11.206	Enseignant(e): Alors par contre la partie 3 ce sera sur un exercice un peu différent.
00:13:10.946 - 00:13:11.622	E2: Ah d'accord.
00:13:26.832 - 00:13:28.080	Généralités: 2_3
00:13:32.097 - 00:13:33.761	E2: Ouais... Elles sont pas parallèles...
00:13:34.333 - 00:13:39.897	E1: Attends, c'est quoi le truc déjà, démontrer... si elles se coupent?
00:13:41.795 - 00:13:44.057	E2: Il faut dire si elles se coupent, et...
00:13:46.449 - 00:13:47.138	Généralités: 2_4
00:13:47.619 - 00:13:48.633	E1: T'en es au 4, là?

00:13:48.646 - 00:13:50.076	E2: Ouais. Et elles se coupent.
00:13:57.486 - 00:13:58.448	Généralités: 2_5
00:14:01.386 - 00:14:02.374	E2: Elles se coupent.
00:14:05.910 - 00:14:06.716	Généralités: 2_6: un autre groupe a enregistré son travail et des mesures sont effectuées à l'écran: 4.6cm; 4.5 puis
00:14:11.513 - 00:14:15.998	E1: Non elles se coupent. Regarde elles se rapprochent.
00:14:17.194 - 00:14:18.611	E1: C'est obligé.
00:14:28.088 - 00:14:30.142	E1: T'as pas mis la 5?
00:14:30.285 - 00:14:34.952	E2: Oui ben attends... La 4... Voilà... Ca c'est la 6?
00:14:53.880 - 00:14:54.439	Généralités: 2_7
00:14:58.274 - 00:14:59.665	E2: Et ça, là?
00:15:00.393 - 00:15:06.412	E1: Ben là tu le vois! Enfin, je sais pas, peut être que je sais pas l'expliquer, et tout, mais t'en es sûr.
00:15:07.530 - 00:15:08.596	E1: Elles s'arrêtent pas...
00:15:16.877 - 00:15:17.722	Généralités: 2_8
00:15:23.572 - 00:15:24.560	E2: Attends...
00:15:25.743 - 00:15:33.673	Actions E2: Veut faire un plan par au moins un point de D1, mais mauvaise manipulation: plan par trois points de l'espace -> plan de base, contenant les deux droites. Outils E2: Plan: par trois points
00:15:38.470 - 00:15:46.543	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:15:47.219 - 00:15:48.662	E1: Elles se coupent...
00:15:50.313 - 00:15:55.149	Actions E2: Second plan par trois points de l'espace, mais qui sera superposé au premier Outils E2: Plan: par trois points
00:16:09.228 - 00:16:12.608	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:16:13.297 - 00:16:19.043	E2: Et si elles sont toutes les deux... chacune sur un plan différent? Elles vont pas se couper.
00:16:19.680 - 00:16:23.606	E1: Et si elles vont se couper, si elles sont pas parallèles elles se couperont.
00:16:19.706 - 00:16:40.636	Actions E2: Supprime toutes les constructions précédentes.
00:16:28.260 - 00:16:32.017	E1: C'est pas le plan qui va les faire changer de...
00:16:33.460 - 00:16:36.125	E1: Enfin, après je suis pas sûre, mais ça m'étonnerait quoi...
00:16:42.326 - 00:16:45.979	Actions E2: Déplace D2 Outils E2: Manipulation: déplacement
00:16:47.890 - 00:17:00.578	Actions E2: Plan par deux points de l'espace, et le troisième sur D2 Outils E2: Plan: par trois points
00:16:49.580 - 00:16:53.207	E1: Regarde, même en la bougeant elle va la couper à un moment ou à un autre.
00:17:05.440 - 00:17:16.568	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:17:17.283 - 00:17:22.210	E1: Là, regarde... Elles se coupent...
00:17:47.027 - 00:18:29.264	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:17:47.300 - 00:17:48.678	E2: C'est obligé qu'il y ait...
00:17:50.420 - 00:17:51.915	E1: Que quoi?
00:17:52.214 - 00:17:56.673	E2: Mais je sais pas! Je pense que... si elles sont pas sur le même plan, eh ben...
00:17:57.661 - 00:18:00.846	E1: Mais non mais regarde, si elles sont pas parallèles...
00:18:05.032 - 00:18:10.635	E1: Et regarde, là elles vont se couper, nos droites elles continuent! Elles vont pas repartir de l'autre côté!
00:18:10.310 - 00:18:20.762	E2: Je crois pas qu'on nous aurait dit de faire ça, parce que ça sert à rien, je ne vois pas l'intérêt quoi... Si on fait ça c'est pas pour dire 15 fois "elles se coupent"!
00:18:20.866 - 00:18:21.958	E1: Je ne sais pas...
00:18:35.205 - 00:18:45.657	E1: Il y a un truc que je ne comprends pas de toute façon, dans tous les cas de figure elles ne sont pas parallèles, et si elles sont pas parallèles et que c'est des droites elles vont se couper, à un moment ou à un autre...
00:18:35.959 - 00:18:54.289	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:18:47.165 - 00:18:48.829	E1: T'es d'accord?
00:18:49.453 - 00:18:51.546	E2: Oui! Logiquement, oui...
00:18:54.757 - 00:18:59.359	E1: Après peut être qu'elles vont se couper en dehors du truc qu'on peut voir...
00:19:42.272 - 00:19:46.263	E1: Moi je comprends pas, Jenny et tout, elles font des trucs...
00:19:48.941 - 00:19:50.098	E2: Elles font quoi?
00:19:50.826 - 00:19:54.505	E1: Je sais pas, depuis tout à l'heure elles font des trucs...
00:20:08.831 - 00:20:14.382	Enseignant(e): Montrez moi ce que vous avez fait là dessus, sur les premiers...
00:20:11.847 - 00:20:15.994	E1: On n'a rien fait en fait, on a dit qu'elles étaient pas parallèles à chaque fois...
00:20:18.126 - 00:20:19.777	Enseignant(e): Alors montrez moi pourquoi.
00:20:21.337 - 00:20:30.073	E2: Ben je sais pas, je... Enfin tout à l'heure on a... J'avais fait... J'avais mis un... Je ne sais pas, je pense que si elles
00:20:30.203 - 00:20:34.376	E1: Si elles sont pas parallèles, elles vont bien se couper, vu que c'est des droites.
00:20:36.430 - 00:20:40.551	Enseignant(e): [gestuelle] Ca c'est deux droites qui sont pas parallèles.
00:20:43.359 - 00:20:45.829	E2: Mais elles sont pas sur le même plan...
00:20:45.907 - 00:20:51.666	Enseignant(e): Oui, c'est vrai. Mais elles ne se coupent pas, on est bien d'accord? Elles sont pas parallèles et elles
00:20:52.758 - 00:21:02.092	E2: Donc c'est... On peut résumer ça en disant que deux droites qui sont pas parallèles et pas sur le même plan, eh
00:20:58.894 - 00:21:00.454	Actions E1: Mais là par exemple, elles vont se couper!
00:21:03.158 - 00:21:06.187	Enseignant(e): Euh, oui on peut effectivement dire ça! Comment ça elles se coupent?
00:21:06.551 - 00:21:10.100	E1: Ben là elles vont continuer, par là elles vont se rapprocher et...

00:21:08.423 - 00:21:25.479	Enseignant(e): Là elles vont continuer, par contre si je relève un tout petit peu ici, ça se verra pas forcément [gestuelle]! Mais là elle va descendre, elle va passer sous celle là, et elles vont jamais se couper! Pourtant elles auront eu une tête de droites parallèles, ou alors une tête de droites sécantes, mais, on va avoir du mal à...
00:21:13.402 - 00:21:15.131	E1: Ah oui d'accord elle va descendre et...
00:21:25.180 - 00:21:27.910	E1: Et comment on fait pour voir par rapport à la figure?
00:21:25.960 - 00:21:27.533	E2: Oui donc c'est une histoire de plans en fait...
00:21:27.832 - 00:21:33.526	Enseignant(e): Ah ben justement après c'est à vous de trouver des moyens de dépasser ces problèmes là, de
00:21:34.254 - 00:21:40.572	Enseignant(e): Il y a plein de cas où vous voyez, donc ça c'est bien, c'est vite fait, et puis il y a des cas où vous ne voyez pas! Et là, il faut trouver d'autres techniques...
00:21:40.520 - 00:21:41.131	E1: D'accord.
00:21:40.962 - 00:21:41.560	E2: D'accord.
00:21:43.315 - 00:21:49.165	E2: [l'enseignant est parti] Ah donc j'avais raison! Le truc des stylos, là...
00:21:50.439 - 00:21:55.301	E1: Si il y en a une comme ça, une comme ça, ils sont pas sur le même plan!
00:21:55.574 - 00:22:02.971	E2: Ca c'est un plan vertical, ça c'est un plan horizontal, et... oui ben j'avais raison! Bah maintenant on va le montrer!
00:22:10.303 - 00:22:11.122	Généralités: 2 2
00:22:21.652 - 00:22:32.390	Actions E2: Crée un plan par trois points de l'espace, qui semble presque contenir les deux droites proposées Outils E2: Plan: par trois points
00:22:33.495 - 00:22:39.371	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:22:43.076 - 00:22:47.340	Généralités: Nouveau contrôle: visuel instrumenté
00:22:43.076 - 00:22:47.340	E2: T'as vu? Elles sont sur deux plans différents parce que l'autre on la voit pas dessus.
00:22:47.847 - 00:22:49.914	E2: Donc elles elles sont pas sécantes.
00:22:50.382 - 00:22:57.714	Actions E2: De l'autre côté du plan, les deux droites semblent être dans le plan Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:22:54.438 - 00:22:55.920	E1: Mais attend, retourne par en bas!
00:22:55.504 - 00:23:01.289	E2: Il y a un truc bizarre, oui! Ah mais c'est parce qu'elle traverse, elle, je crois, non? Il y a un truc bizarre parce
00:23:03.278 - 00:23:06.541	E1: Non mais là, laisse tomber, elle est pas de l'autre côté!
00:23:08.335 - 00:23:12.391	E2: C'est bizarre... Il est mal fait mon plan!
00:23:14.003 - 00:23:22.609	E1: Ou alors, t'enlèves le plan et tu fais, genre une droite qui coupe les deux et tu regardes si elle coupe les deux.
00:23:21.894 - 00:23:25.963	Actions E2: Construit une droite par deux points de l'espace qui semble couper les deux autres droites en leur point d'intersection Outils E2: Droite: par deux points
00:23:24.117 - 00:23:25.625	E2: Une comme ça?
00:23:28.030 - 00:23:33.282	E1: Qui passe par le milieu, et après tu regardes si le point il...
00:23:34.608 - 00:23:35.102	E2: Ca, là?
00:23:34.608 - 00:23:39.821	Actions E2: Déplace le point créé pour la nouvelle droite sur le point d'intersection de D1 et D2 Outils E2: Manipulation: déplacement
00:23:37.858 - 00:23:39.964	E2: Mais alors il faut mettre le point [servant à créer la 3e droite] là [à l'intersection de D1 et D2], non?
00:23:39.795 - 00:23:39.964	E1: Oui.
00:23:43.721 - 00:23:50.013	Actions E2: Change le point de vue: les droites ne restent pas concourantes, ni le point à l'intersection de D1 et D2 Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:23:44.176 - 00:23:44.722	E2: Comme ça?
00:23:51.274 - 00:23:53.198	E1: Ah ben non, elles se coupent pas.
00:23:52.106 - 00:23:53.185	E2: Elles se coupent pas.
00:23:57.228 - 00:24:03.351	E2: Là je pense qu'on les voit du dessous. En fait, ce qu'il faut se dire, c'est qu'on n'est plus sur une feuille, c'est
00:24:06.159 - 00:24:07.485	E1: Tu le mets?
00:24:38.919 - 00:24:43.248	E2: [écrit] Sécantes car pas sur le même plan...
00:24:54.402 - 00:24:55.988	Généralités: 2 3
00:24:57.327 - 00:25:13.317	Actions E2: Déplace D1 dans diverses positions Outils E2: Manipulation: déplacement
00:25:14.435 - 00:25:16.437	E1: Tu peux pas la faire tourner...
00:25:18.673 - 00:25:29.203	Actions E2: Plan par trois points quelconques de l'espace Outils E2: Plan: par trois points
00:25:29.580 - 00:25:37.289	Actions E2: Cherche à déplacer le plan (en fait sa représentation) pour qu'il englobe les deux droites: échec Outils E2: Manipulation: déplacement
00:25:37.419 - 00:25:57.036	Actions E2: le plan créé contient une droite et coupe l'autre en un seul point Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:25:45.193 - 00:25:47.247	E1: Ah mais mince, il faut...
00:25:49.977 - 00:25:51.264	E2: Ah là on voit, tu sais, que...
00:25:51.251 - 00:25:55.801	E1: Ouais! Ben là elles [incompréhensible]
00:25:55.814 - 00:25:57.036	E2: Et là on voit bien, donc
00:25:59.623 - 00:26:06.617	E1: En fait on dirait qu'elles se coupent, mais tu le vois d'en bas, du coup tu vois les deux...
00:26:06.617 - 00:26:08.580	E2: Là on voit bien quand même.
00:26:08.580 - 00:26:09.568	E1: Oui...
00:26:38.844 - 00:26:39.910	Généralités: 2 4
00:26:45.019 - 00:26:50.362	Actions E1: Plan par trois points de l'espace Outils E1: Plan: par trois points
00:26:54.119 - 00:26:59.007	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:27:02.452 - 00:27:09.160	E1: Là non plus... Regarde...
00:27:04.376 - 00:27:15.751	Actions E1: Une droite apparaît dans le plan construit, l'autre le coupe en un seul point Outils E1: Manipulation:
00:27:16.297 - 00:27:17.766	E2: Ah oui.
00:27:22.316 - 00:27:28.309	E2: Elles sont même limite... Non, on peut pas dire qu'elles soient parallèles...
00:27:27.451 - 00:27:35.095	E1: Bah non regarde elles passent par... En fait tu te fais trop avoir avec... [la projection]

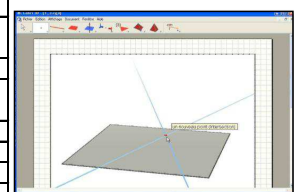
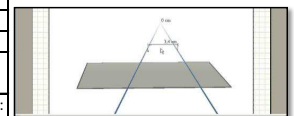
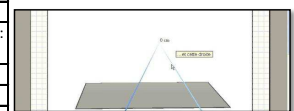
00:27:40.880 - 00:27:41.842	E1: T'as écrit?
00:27:43.376 - 00:27:45.261	E2: Bah c'est toujours la même chose après.
00:27:46.509 - 00:27:47.107	Généralités: 2_5
00:27:48.615 - 00:27:58.170	Actions E2: Plan par trois points de l'espace Outils E2: Plan: par trois points
00:28:00.978 - 00:28:15.746	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:28:11.183 - 00:28:14.277	E1: Ah mince là on voit pas par rapport au plan.
00:28:15.174 - 00:28:15.746	E1: Ah si.
00:28:16.955 - 00:28:17.631	E2: Non plus
00:28:21.453 - 00:28:26.705	E1: Ouais, en fait dès qu'un truc est transparent, tu vois qu'elle part vers le haut ou vers le bas.
00:28:21.492 - 00:28:35.467	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:28:40.745 - 00:28:41.200	Généralités: 2_6: les mesures sont toujours présentes sur les droites.
00:28:48.181 - 00:29:06.498	Actions E1: Déplace D2: les points où sont pris les mesures ne se déplacent pas en conséquence Outils E1:
00:28:50.352 - 00:28:52.445	E2: Non mais elle, on l'a déjà faite
00:28:52.380 - 00:28:53.849	E1: Ah mais oui! Mais non...
00:28:53.953 - 00:28:56.813	E2: Oui mais même si ça se diminue (la "distance entre les deux droites"), essaie de faire un plan.
00:28:56.904 - 00:29:06.524	E1: Parce que regarde... Attends, elle [D2], quand tu la fais bouger... [déplace D2, fait apparaître un point d'intersection à côté duquel est marqué "0cm"] Ah regarde! En les superposant tu vois que...
00:29:09.462 - 00:29:24.191	Actions E1: Plan par trois points de l'espace, qui porte les deux droites Outils E1: Plan: par trois points
00:29:09.566 - 00:29:13.219	E2: Fais un plan, quand même essaie de faire un plan.
00:29:26.921 - 00:29:51.621	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:29:43.210 - 00:29:49.957	E1: Non, elles elles vont se croiser, à mon avis. Tu penses pas? Regarde.
00:29:52.154 - 00:30:14.280	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:30:02.151 - 00:30:04.712	E1: Elles, elles se croisent...
00:30:05.154 - 00:30:05.778	E2: Ah bon?
00:30:08.846 - 00:30:14.280	E1: Ben par rapport au plan, oui. Peut être qu'il y a un autre truc, mais je ne pense pas...
00:30:35.860 - 00:30:36.549	Généralités: 2_7
00:30:43.933 - 00:30:47.300	Actions E1: plan par trois points de l'espace Outils E1: Plan: par trois points
00:30:51.499 - 00:30:59.078	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:31:16.810 - 00:31:17.460	Généralités: 2_8
00:31:19.553 - 00:31:23.934	Actions E1: plan par trois points de l'espace Outils E1: Plan: par trois points
00:31:24.740 - 00:31:36.882	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:31:40.275 - 00:31:44.799	E2: Pour la 8 c'est pareil, et je pense qu'il faut qu'on retourne voir les premiers
00:31:40.392 - 00:31:45.150	Généralités: Nouveaux types de résolution => changement du sens de l'exercice
00:31:44.786 - 00:31:45.358	E1: Oui
00:31:50.987 - 00:31:52.066	Généralités: 1_1
00:31:52.794 - 00:31:58.514	Actions E1: Le plan contenant les deux droites est déjà tracé Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:01.933 - 00:32:03.194	Généralités: 1_2
00:32:01.933 - 00:32:03.194	E2: Ca c'est bon
00:32:04.585 - 00:32:08.602	Actions E1: Le plan contenant les deux droites est déjà tracé Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:14.621 - 00:32:15.882	Généralités: 1_3
00:32:14.621 - 00:32:15.882	E2: Pareil, c'est bon...
00:32:17.078 - 00:32:20.848	Actions E1: Le plan contenant les deux droites est déjà tracé Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:26.048 - 00:32:26.672	Généralités: 1_4
00:32:31.326 - 00:32:35.954	Actions E1: En voulant poser l'un des points sur une droite, trace un plan par un point et une droite Outils E1: Plan:
00:32:39.633 - 00:32:43.702	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:50.462 - 00:32:51.190	Généralités: 1_5
00:32:55.337 - 00:32:57.339	Outils E1: Plan: par une droite et un point
00:33:04.086 - 00:33:08.025	Actions E1: Vérifie que les deux droites sont dans le plan: vu de dessus et de dessous Outils E1: Manipulation:
00:33:16.761 - 00:33:17.489	Généralités: 1_6
00:33:18.555 - 00:33:21.753	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:33:36.261 - 00:33:36.846	Généralités: 1_7
00:33:39.602 - 00:33:41.656	Outils E1: Plan: par une droite et un point
00:33:41.903 - 00:33:59.193	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:33:55.202 - 00:33:56.840	E2: T'arrives pas à le retourner? [voir "l'autre face" du plan]
00:33:59.752 - 00:34:00.493	E1: Là c'est retourné...
00:34:07.630 - 00:34:10.256	E2: Eh ben on a fini.
00:34:30.679 - 00:34:32.057	Généralités: 3_1
00:34:33.487 - 00:34:38.518	E2: Cherche l'outil "plan" (supprimé) dans les menus.
00:34:45.538 - 00:34:46.695	E2: Pourquoi il n'y a pas de plan?
00:35:01.359 - 00:35:02.464	E2: T'as vu on ne peut plus faire de plan.
00:35:04.128 - 00:35:06.390	E1: Mais de toute façon tu le vois qu'elles se coupent ou pas.
00:35:06.611 - 00:35:08.639	E2: Bah, oui mais bon, on sait pas si elles sont sur le même plan!
00:35:11.746 - 00:35:17.141	E2: [inaudible] Tu peux... tu peux faire les angles...
00:35:15.789 - 00:35:20.703	Actions E1: Segment joignant les deux droites Outils E1: Segment: à partir de deux points
00:35:27.268 - 00:35:52.865	Actions E1: Cherche à mesurer l'angle entre la droite D1 et le segment: problèmes d'utilisation de l'outil
00:35:53.879 - 00:35:59.807	Actions E1: Supprime le segment construit
00:36:15.485 - 00:36:32.606	Actions E1: Cherche à tracer une perpendiculaire à une droite passant par l'autre: Cabri propose un plan

00:36:30.500 - 00:36:32.645	E1: Pourquoi un *plan* perpendiculaire?
00:36:34.725 - 00:36:39.119	Actions E1: plan perpendiculaire à D1, par un point de D1 Outils E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:36:43.487 - 00:36:45.814	E2: Bah, là elles se croisent pas.
00:36:45.905 - 00:36:47.036	E1: Ah ouais.
00:36:47.426 - 00:36:48.765	E1: Donc c'est bon.
00:36:48.791 - 00:36:50.039	E2: Mais comment t'as fait?
00:36:55.148 - 00:36:56.864	E1: Regarde, dans "perpendiculaire"...
00:37:00.777 - 00:37:03.000	E1: Donc elles se coupent pas.
00:37:05.015 - 00:37:05.873	E1: Tu l'as écrit?
00:37:05.925 - 00:37:08.070	E2: Mais, elles sont dans le même plan alors.
00:37:09.110 - 00:37:13.062	E1: Bah, au début... Regarde...
00:37:14.492 - 00:37:20.212	Généralités: problèmes de précision du vocabulaire employé: "dans le plan"= à l'intérieur du plan, ou coupe le plan?
00:37:14.492 - 00:37:20.212	E2: Bah, si! Elles sont tout le temps dans le même plan, et justement elles se coupent pas parce que elles sont dans le même plan et qu'elles sont pas parallèles.
00:37:20.901 - 00:37:30.898	E1: Et là tu vois que le plan il est que par rapport à la [première] droite, là, je crois. Et... Non mais l'autre elle y est,
00:37:30.144 - 00:37:32.861	E2: Mais il n'y a pas de début ou de fin, le plan il peut être comme ça, et...
00:37:34.876 - 00:37:37.021	E1: Non mais là t'es d'accord, il n'y est plus
00:37:39.023 - 00:37:41.363	E2: Mais elles sont sur le même plan!
00:37:42.273 - 00:37:46.979	Généralités: Très peu d'action: phase d'explicitation
00:37:42.273 - 00:37:46.979	E1: Et, genre elle elle le coupe le plan! Elle, elle y est mais elle elle le coupe.
00:37:42.273 - 00:37:46.979	Actions E1: Désigne les droites Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:37:47.317 - 00:37:50.229	E2: Mais elles le coupent toutes les deux, regarde elles en ressortent toutes les deux
00:37:56.807 - 00:38:07.701	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:38:04.802 - 00:38:07.324	E2: On dirait pas qu'elles sont parallèles, là?
00:38:07.701 - 00:38:08.676	E1: Ouais...
00:38:13.564 - 00:38:18.270	E1: Là le truc que j'ai fait, j'ai fait un plan perpendiculaire à la droite là [D1].
00:38:19.128 - 00:38:20.974	E1: Là en fait t'as un angle droit
00:38:19.128 - 00:38:20.974	Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:38:20.974 - 00:38:23.522	E2: Mais, elles sont perpen... On dirait qu'elles sont perpendiculaires les deux, au plan...
00:38:23.561 - 00:38:27.253	E1: Mais non... Là tu vois bien que elle [D2], elle l'est pas.
00:38:26.980 - 00:38:27.656	E2: Pourquoi?
00:38:28.124 - 00:38:29.879	E1: Regarde, pour l'angle...
00:38:32.934 - 00:38:34.754	E1: Non, je dirais qu'elle l'est pas.
00:38:34.533 - 00:38:36.886	E2: Mais regarde tout à l'heure quand je l'ai retourné.
00:38:42.112 - 00:38:44.933	E2: Surement la double c'est sur [?]
00:38:47.065 - 00:38:49.210	E2: Essaie de... Attends.
00:38:54.059 - 00:38:59.636	Actions E2: Recherche dans les menus: sélectionne l'outil "perpendiculaire"
00:38:54.683 - 00:38:56.321	E1: Tu fais quoi?
00:38:56.633 - 00:38:58.804	E2: Faut que ce soit perpendiculaire à la droite.
00:39:00.078 - 00:39:03.068	E1: Mais là tu vas refaire le même truc que je viens de faire.
00:39:05.603 - 00:39:06.539	E2: Mais je ne veux pas un plan!
00:39:07.553 - 00:39:09.100	E1: Mais tu peux pas, t'as rien d'autre!
00:39:09.230 - 00:39:10.478	E2: C'est vrai?
00:39:10.582 - 00:39:14.664	E1: Et de toute façon tu vois que... par rapport au plan.
00:39:11.492 - 00:39:20.644	Généralités: Manque d'arguments pour étayer les avis
00:39:11.492 - 00:39:24.349	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:39:14.976 - 00:39:17.251	E1: Bah si elles seraient parallèles...
00:39:15.535 - 00:39:17.394	E2: Moi je pense qu'elles sont parallèles
00:39:17.394 - 00:39:17.693	E1: Non, regarde.
00:39:18.499 - 00:39:20.202	E1: Elles sont sur le même plan!
00:39:24.440 - 00:39:27.092	E1: Regarde: si elles seraient parallèles...
00:39:24.440 - 00:39:29.224	Actions E1: Déplace le plan sur D1 Outils E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:39:37.258 - 00:39:40.521	E1: Regarde: si elles seraient parallèles, eh ben elles feraient le même truc...
00:39:41.054 - 00:39:50.193	E1: Genre la droite, elle s'arrêterait à là... Alors que là t'en as une que tu vois pendant les trois quarts alors que
00:39:41.054 - 00:39:50.193	Outils E1: Désigner avec le pointeur
00:39:50.739 - 00:39:54.002	E2: Donc ton plan il est comme ça...
00:39:54.145 - 00:39:57.655	
00:39:59.631 - 00:40:16.544	E2: Bah, si t'as un plan comme ça... [gestuelle] Elle, elle passe perpendiculairement au plan. Il peut y en avoir un dessous qui... Qui passe, ça me paraît un truc possible, quoi!
00:40:09.030 - 00:40:49.304	Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:40:26.515 - 00:40:33.704	E2: Non regarde, retourne le comme ça, de façon à ce qu'on voie... deux... piques, comme ça, dans le plan. [positionner le plan "au loin", et les droites partant vers l'observateur]
00:40:34.068 - 00:40:35.030	E1: Comme ça?
00:40:35.056 - 00:40:36.018	E2: Oui, un peu encore plus.
00:40:40.074 - 00:40:43.883	E2: Ah moi ça me paraît... Je sais pas en fait...
00:40:49.356 - 00:40:53.711	Actions E1: Déplace le point servant à définir le plan sur la droite D1 Outils E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:40:57.351 - 00:40:58.833	E2: Moi je pense qu'elles sont parallèles.

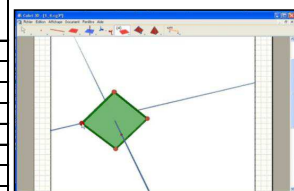
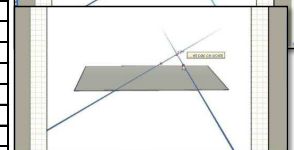
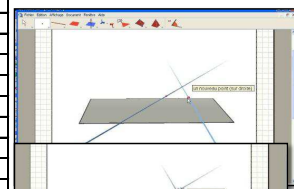
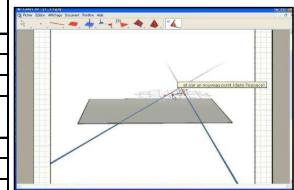
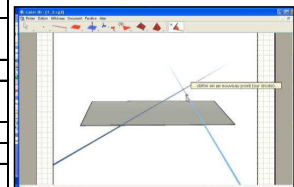
00:41:01.303 - 00:41:01.979	E1: Parallèles?
00:41:02.070 - 00:41:03.266	E2: en tout cas qu'elles ne se coupent pas.
00:41:07.192 - 00:41:16.734	E1: Oui, c'est ce que je te dis depuis le début! Après je ne crois pas qu'elles soient parallèles... Regarde, elles
00:41:07.192 - 00:41:26.744	Actions E1: Multiplie les points de vue. Quand les droites sont dans le plan frontal, elles semblent parallèles. Outils E1: Manipulation: changement de point de vue
00:41:27.082 - 00:41:28.460	E2: Mais si elles sont parallèles.
00:41:30.852 - 00:41:32.919	E2: Elles sont parallèles, sur le même plan, elles se coupent pas!
00:41:33.335 - 00:41:36.975	E1: Mais il y a un truc bizarre, regarde, genre elles...
00:41:37.417 - 00:41:38.210	E2: Mais non!
00:41:38.665 - 00:41:41.148	E1: Elles sont pas parallèles.
00:41:41.434 - 00:41:43.579	E2: Je sais pas. En tout cas elles se coupent pas.
00:42:24.113 - 00:42:29.807	E2: Ben déjà, je dis qu'elles ne se coupent pas, et peut être qu'elles sont parallèles, comme elles sont à la même

Etude de configurations de droites: sixième groupe

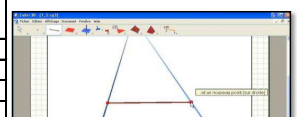
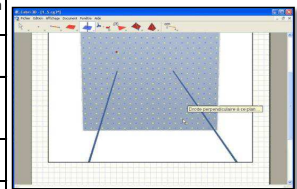
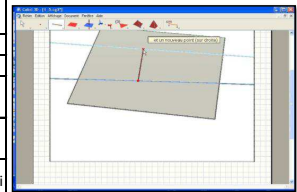
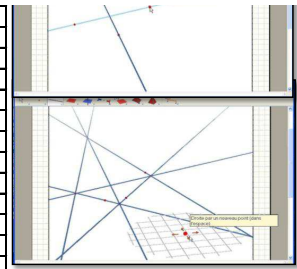
Temps	
00:04:04.920 - 00:04:08.120	E1: Lit l'énoncé
00:04:08.160 - 00:04:09.230	E2: Ben oui elles sont sécantes.
00:04:09.590 - 00:04:10.830	E1: Mais comment tu vois?
00:04:11.820 - 00:04:14.490	E2: Parce qu'on voit qu'elles sont pas parallèles, et si elles sont pas parallèles c'est qu'elles sont sécantes.
00:04:14.520 - 00:04:23.980	E1: Mais non, mais il faut justifier... Donc, alors, elles sont sécantes, oui... Pourquoi? Parce qu'on le voit. [rires]
00:04:24.080 - 00:04:25.380	E2: Ben c'est simple, on...
00:05:17.920 - 00:05:26.440	E1: Je sais ce qu'on peut faire. Tu mets une droite là, et une droite là, et regarde si elles sont de même mesure. Si elles sont de même mesure, ça veut dire qu'elles sont parallèles.
00:05:27.580 - 00:05:28.920	E2: Et ça tu l'écris comment?
00:05:30.280 - 00:05:35.300	E1: "En positionnant deux droites sécantes aux deux droites que l'on trouve sur le plan..."
00:05:35.460 - 00:05:39.000	E2: En positionnant deux droites sécantes... Sécantes ça peut être n'importe comment, hein?
00:05:39.160 - 00:05:44.960	E1: Non! Deux droites parallèles, sécantes aux deux droites que l'on trouve sur le plan...
00:05:45.700 - 00:05:46.200	E2: Ouais...
00:05:46.500 - 00:05:54.600	E1: Euh, on mesure les deux droites, et après on voit: si les deux droites elles font la même mesure, ça veut dire que les deux droites... on a coupé...
00:05:54.720 - 00:05:56.900	E2: C'est un peu... compliqué, ton truc...
00:05:57.300 - 00:05:58.980	E1: Ouais, non mais qu'est ce que tu veux qu'on fasse?
00:05:59.080 - 00:06:02.100	E2: Bah des droites parallèles! Euh, perpendiculaires!
00:06:03.180 - 00:06:04.380	E1: Comment ça des droites perpendiculaires?
00:06:04.420 - 00:06:24.820	E2: Eh ben que... droites parallèles... Non, "si..." Les trucs, les propriétés qui sont toutes simples, là, c'est genre: si une droite elle est perpendiculaire euh... à une autre, alors elles sont parallèles entre elles. Donc si une droite elle est perpendiculaire à une autre, et que celle-là elle l'est pas, elles sont pas parallèles!
00:06:25.620 - 00:06:29.640	E1: Et comment tu vois qu'elles sont perpendiculaires? "Y a une application pour ça"?
00:06:30.440 - 00:06:32.560	Actions E2: Recherche dans les menus.
00:06:30.920 - 00:06:31.200	E2: Non...
00:06:31.300 - 00:06:32.060	E1: Plan!
00:06:34.320 - 00:06:39.280	E1: Monsieur? Pour répondre, il faut forcément faire des trucs dessus, ou pas?
00:06:40.660 - 00:06:44.760	Enseignant(e): Non, pas forcément. C'est vous qui voyez: si vous en avez besoin, vous pouvez, si vous en avez pas besoin...
00:06:45.000 - 00:06:46.680	E1: Ouais mais faut *prouver* quand même!
00:06:46.860 - 00:06:48.320	E2: Ouais mais euh, pour prouver...
00:06:48.220 - 00:06:50.960	E1: Mais tu prends l'outil "centimètre" et tu mesures les deux et tu décides.
00:06:56.640 - 00:07:05.900	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:06:57.300 - 00:07:01.200	E2: Ah ouais, attends! Là c'est vachement mieux!
00:07:07.500 - 00:07:09.780	E1: Bon regarde...
00:07:30.380 - 00:07:32.200	Actions E1: Parcours les menus.
00:07:32.600 - 00:07:34.140	E1: Distance, tu vois?
00:07:34.980 - 00:07:35.400	E2: Vas-y.
00:07:35.480 - 00:07:42.980	Outils E1: Distance: deux droites
00:07:35.480 - 00:07:48.860	E1: Tu fais une distance de cette droite à cette droite... 0 centimètres! Ca veut dire qu'elles se coupent! Tu vois?
00:07:49.920 - 00:07:50.420	E2: Oui.
00:07:50.580 - 00:07:53.260	E1: 0 centimètres, ça veut dire qu'elles se coupent!
00:07:59.200 - 00:08:05.860	Actions E2: Mesure la distance entre une droite et un point proche de l'autre créé à la volée. Outils E2: Distance: point, droite
00:08:01.460 - 00:08:02.240	E1: Tu vois?
00:08:05.200 - 00:08:07.540	E1: Non mais là t'as pas fait sur la droite, là.
00:08:07.940 - 00:08:08.720	E2: Ah, oui, bon...
00:08:08.820 - 00:08:10.580	E1: Non mais... [rires]
00:08:10.640 - 00:08:11.660	E2: à quelque chose près...
00:08:12.600 - 00:08:14.310	E2: Non mais c'est une illusion d'optique.
00:08:14.470 - 00:08:17.440	E1: Non, mais bon, voilà... Donc en gros, 0 centimètres! Alors on mesure la distance
00:08:24.880 - 00:08:31.540	Actions E2: Mesure la distance entre une droite et un point proche de l'autre créé à la volée. Outils E2: Distance: point, droite
00:09:03.200 - 00:09:14.700	E1: Bon allez c'est bon, supprime tout ça! En mesurant la distance entre les deux droites, on constate... que...
00:09:19.320 - 00:09:26.100	E1: En mesurant la distance entre les deux droites, on constate que elles sont parallèles... Mais elles sont parallèles...
00:09:47.260 - 00:09:50.740	E1: Vas-y, ouvre la deuxième, là! Parce que c'est bon, celle-là je l'ai trouvée!
00:09:59.740 - 00:10:00.540	Généralités: 1_3
00:10:09.340 - 00:10:12.860	E1: Allez hop, regarde on met un point dessus et pouf!
00:10:09.880 - 00:10:15.320	Outils E2: Point: intersection
00:10:13.120 - 00:10:13.340	E2: Presque!
00:10:13.640 - 00:10:21.200	E1: De quoi? C'est une nouvelle celle-là? Ca se croise en un même point d'intersection.
00:10:26.880 - 00:10:29.760	E1: Donc elles sont sécantes.
00:10:40.280 - 00:10:46.900	E2: Regarde: celle-là, oui, elles sont sécantes parce qu'elles se croisent en un point. Regarde, même, on peut l'appeler...
00:10:45.840 - 00:10:46.960	Actions E2: Recherche à nommer le point.
00:10:47.220 - 00:10:52.860	E1: Mais? Pourquoi t'es à la 3?
00:10:53.160 - 00:10:54.620	E2: Mais non ça marche pas comme ça!
00:10:54.760 - 00:10:55.480	E1: Mais si!
00:10:56.000 - 00:10:58.860	Généralités: [se disputent]
00:11:02.120 - 00:11:10.220	Actions E2: Désigne alternativement les droites et le point d'intersection. Outils E2: Désigner avec le pointeur



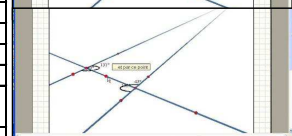
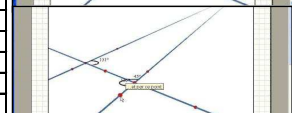
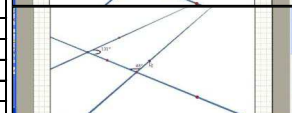
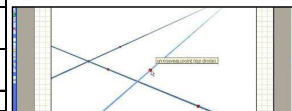
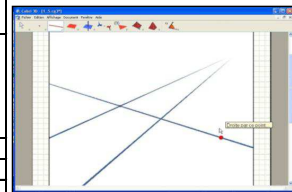
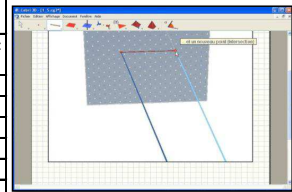
00:11:10.900 - 00:11:21.000	E1: Euh, eh ben elles sont sécantes en un point, donc elles sont sécantes! Ben, elles se coupent en un point et on peut faire un point sur l'intersection, donc elles sont sécantes!
00:11:25.800 - 00:11:26.580	E1: T'as pas l'air convaincue?
00:11:26.600 - 00:11:29.180	E2: Non mais tu vois, je suis en train de revoir, donc c'est bon.
00:11:37.080 - 00:11:39.840	E1: C'est bon! On a le même point qu'on peut tracer sur...
00:11:39.920 - 00:11:41.200	E2: Mais non, on le trace pas!
00:11:42.040 - 00:11:47.280	E1: Non mais faut dire qu'on peut le mettre sur la droite... sur les deux droites...
00:12:06.680 - 00:12:08.560	E1: ...que l'on peut...
00:12:08.560 - 00:12:09.360	E2: On le voit, tout simplement.
00:12:09.400 - 00:12:10.960	E1: que l'on peut tracer, quoi! que l'on peut...
00:12:11.040 - 00:12:12.760	E2: Ca se trace pas, un point.
00:12:13.000 - 00:12:14.920	E1: Bah si, tracer un point...
00:12:15.000 - 00:12:16.360	E2: Mais ça se dit pas! "trace un point"...
00:12:16.440 - 00:12:18.760	E1: que l'on peut mettre sur les deux droites? que l'on peut...
00:12:18.840 - 00:12:19.520	E2: que l'on peut placer!
00:12:19.520 - 00:12:21.000	E1: placer sur les deux droites.
00:12:23.840 - 00:12:28.680	E1: Voilà, bon.
00:13:19.600 - 00:13:21.360	Généralités: 1_2
00:13:23.240 - 00:13:27.240	E1: Donc la 1_2 elles se croisent parce que...
00:13:27.760 - 00:13:30.520	E2: Parce que, ben on peut mettre un point à leur intersection.
00:13:30.480 - 00:13:33.440	E1: Non mais si on met ça à chaque fois...
00:13:34.880 - 00:13:36.360	E2: Ben c'est toujours vrai en même temps...
00:13:36.680 - 00:13:48.120	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:13:52.280 - 00:13:54.360	Actions E2: Parcourt les menus
00:13:52.680 - 00:13:54.720	E1: On va pas utiliser l'outil "centimètres" à chaque fois?
00:13:55.640 - 00:14:04.440	Actions E2: Cherche à mesurer l'angle entre les deux droites: échec.
00:14:17.720 - 00:14:29.360	E1: Ah oui, tu veux dire? On peut calculer un angle, donc ça veut dire... Ouais, on peut mettre ça! Comme on peut utiliser l'outil "angle".
00:14:29.240 - 00:14:30.640	E2: Oui mais j'arrive pas!
00:14:31.240 - 00:14:36.920	Actions E2: Cherche à mesurer l'angle: échec. Mais construit le point d'intersection.
00:14:33.120 - 00:14:36.000	E1: "angle". Et tu mets "entre cette droite"
00:14:36.920 - 00:14:40.280	E1: Non, tu mets cette droite... Non!
00:14:40.280 - 00:14:42.440	Actions E2: Construit des points à la volée sur les droites Outils E2: Angle: trois points
00:14:42.640 - 00:14:45.120	E1: Mais non il calcule celui-là, ça sert à rien!
00:14:45.160 - 00:14:47.840	E2: Ouais mais n'empêche que dans l'idée c'est bon, parce que on peut faire comme ça, et après...
00:14:47.840 - 00:14:58.560	E1: Non mais il faut que tu sélectionne cette droite, et tu sélectionne l'autre! Cette droite là, et cette droite là!
00:14:48.640 - 00:14:58.120	Actions E2: Tente de calculer l'angle entre les deux droites.
00:15:00.480 - 00:15:02.760	E1: Et voilà, et tu clique sur l'autre!
00:15:03.240 - 00:15:06.240	E2: Je peux pas cliquer sur l'autre...
00:15:07.120 - 00:15:14.040	Actions E2: Essaie de nouveau: échec, mais survole de nouveau le point d'intersection dont la création est proposée.
00:15:14.680 - 00:15:16.280	E1: Cette droite, et...
00:15:28.080 - 00:15:30.160	E2: Ah regarde!
00:15:31.440 - 00:15:36.240	Outils E2: Point: intersection
00:15:36.400 - 00:15:37.360	Actions E2: sur D1 Outils E2: Point: sur objet
00:15:37.480 - 00:15:39.240	Actions E2: sur D2 Outils E2: Point: sur objet
00:15:40.120 - 00:15:49.400	Actions E2: Mesure l'angle Outils E2: Angle: trois points
00:15:49.920 - 00:15:51.040	E2: et ça devrait être bon!
00:15:51.480 - 00:15:51.960	E1: Oui.
00:16:13.120 - 00:16:14.480	Généralités: 1_4
00:16:28.640 - 00:16:31.560	E1: Comment t'appelles ça? L'angle d'intersection, on dit?
00:16:32.120 - 00:16:34.280	E2: L'angle en cas [??]
00:16:34.440 - 00:16:34.920	E1: Ouais...
00:16:36.000 - 00:16:39.600	E2: Ou alors elles forment un, "car elles forment un angle de..."
00:16:46.080 - 00:16:51.840	E2: C'est quoi un dodécagone?
00:16:59.600 - 00:17:04.840	E1: Tu sais ce que tu fais? Tu traces un carré, là...
00:17:05.520 - 00:17:07.920	E2: non, je sais pas... J'ai fait un point.
00:17:08.160 - 00:17:09.920	E1: Qu'est-ce qu'on peut faire?
00:17:12.360 - 00:17:14.600	E2: Un triangle?
00:17:16.960 - 00:17:18.560	E1: Qu'est ce qu'on peut faire, là?
00:17:19.080 - 00:17:22.240	E2: Ah, un cercle!
00:17:22.040 - 00:17:27.000	E1: Pourquoi un cercle? Ca va te servir à quoi de faire un cercle?
00:17:23.400 - 00:17:29.280	Actions E2: Utilise l'outil "dodécagone" pour construire le point d'intersection.
00:17:33.600 - 00:17:44.640	E2: Parce que regarde, si tu part par ce point là, et que tu fais un cercle, et que le cercle il coupe tous les points... Tu vois?
00:17:44.720 - 00:17:47.480	E1: Non, parce que ça peut être des cordes, là...
00:17:52.200 - 00:17:57.960	E1: Tu sais les diagonales... Tu fais les diagonales d'un, d'un...
00:17:56.280 - 00:18:15.160	Actions E2: Tente de construire un carré dont les droites sont des diagonales: échec.
00:17:58.120 - 00:17:59.280	E2: Carré?
00:17:59.480 - 00:18:01.720	E1: d'un... je sais pas!
00:18:02.600 - 00:18:05.520	E1: Non mais faut que tu les fasses, genre une là...
00:18:07.080 - 00:18:09.120	E2: Ah non mince, c'est un carré comment, là?
00:18:17.960 - 00:18:19.640	E1: Non c'est pas a.
00:18:19.040 - 00:18:22.520	E2: Non mais attends! Non, mais on peut le déplacer...
00:18:26.840 - 00:18:28.040	Outils E2: Annule
00:18:34.480 - 00:18:40.840	E1: Ah oui, supprime le carré, et fais-le...
00:18:47.920 - 00:18:48.560	Actions E2: second point sur D2 Outils E2: Point: sur objet
00:18:48.920 - 00:18:49.720	Actions E2: second point sur D1 Outils E2: Point: sur objet
00:18:54.000 - 00:18:57.200	Actions E2: Construit un polygone dont les droites sont des diagonales. Outils E2: Droite: par deux points
00:18:57.880 - 00:19:01.680	Outils E2: Droite: par deux points
00:19:02.400 - 00:19:07.880	Outils E2: Droite: par deux points



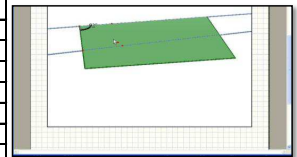
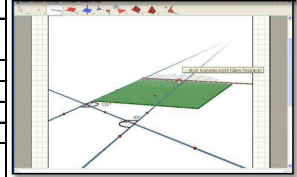
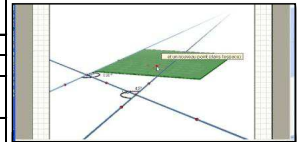
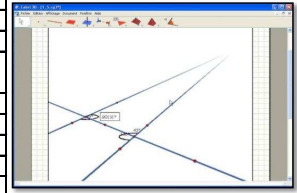
00:19:03.880 - 00:19:08.480	E1: Non mais... Non non, je pense qu'il y a un truc avec les carrés...
00:19:09.320 - 00:19:11.640	E2: Mais je suis en train de te faire un carré!
00:19:11.200 - 00:19:12.360	E1: Oh là là, c'est un carré, ça?
00:19:12.360 - 00:19:13.520	E2: à quelque chose près...
00:19:16.320 - 00:19:18.200	E1: Carré ou pas, y a des diagonales!
00:19:19.320 - 00:19:23.520	E2: Euh... Je vais les mettre d'une autre couleur, attends. Je vais les colorer!
00:19:42.120 - 00:19:45.080	E2: Ou sinon trace un côté, d'accord?
00:19:47.080 - 00:19:51.240	E1: eh ben les deux droites elles peuvent être des diagonales, quoi.
00:19:55.880 - 00:19:57.040	E1: euh...
00:19:57.800 - 00:20:00.960	E2: Tu t'en fous que ce soit un carré ou pas, il y a quand même des diagonales!
00:20:01.960 - 00:20:03.400	E1: [??]
00:20:03.800 - 00:20:05.880	E2: Oui oui, mais pour l'instant on n'a que des diagonales.
00:20:06.400 - 00:20:08.840	E1: Mais t'as fait quoi, là?
00:20:08.880 - 00:20:10.320	E2: Mais j'ai fait... Attends...
00:20:10.280 - 00:20:13.200	E1: Mais remets sur le truc, là, parce que... Supprime tout!
00:20:13.520 - 00:20:16.960	E2: Non, attends, je vais te remettre les droites d'une autre couleur, comme ça tu vas bien les voir...
00:20:20.400 - 00:20:30.440	Actions E2: Change la couleur des droites.
00:20:22.640 - 00:20:25.040	E2: C'était celle-là, et celle-là.
00:20:36.440 - 00:20:46.200	E2: Bon, regarde, après j'ai tracé un carré... Bon, eh ben, c'est les diagonales de...
00:20:46.320 - 00:20:49.760	E1: Comment dire? Elles sont sécantes car elles sont des diagonales...
00:20:59.160 - 00:21:01.400	Généralités: [autre élève] Et ça sert à quoi?
00:21:02.440 - 00:21:03.160	E1: à rien...
00:21:04.360 - 00:21:07.400	E1: ça prouve que L. était extrêmement impliquée.
00:21:39.000 - 00:21:42.920	E1: Bon, laisse tomber, c'est pas grave. Bon, vas-y, ferme ça parce qu'on l'a finit, celui là.
00:21:43.040 - 00:21:44.280	E2: T'as mis quoi?
00:21:44.320 - 00:21:49.450	E1: Car ce sont les diagonales d'un quadrilatère. Enfin bon c'est pas très évolué comme....
00:21:54.890 - 00:21:55.330	Généralités: 1_5
00:22:01.290 - 00:22:04.280	E1: Tu peux faire aussi avec un... Un triangle, je crois...
00:22:05.597 - 00:22:10.545	E2: Je vais essayer de le faire avec des plans. Ouh là! Ben c'est la même que tout à l'heure, à peu près, là?
00:22:08.000 - 00:22:14.000	Outils E2: Plan: par deux droites
00:22:13.180 - 00:22:15.400	E1: Mais pourquoi tu veux faire un plan?
00:22:15.440 - 00:22:16.540	E2: Bah pourquoi pas?
00:22:17.280 - 00:22:30.680	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:22:25.480 - 00:22:27.680	E1: On dirait des rails de train.
00:22:27.800 - 00:22:28.440	E2: Ouais.
00:22:35.280 - 00:22:37.680	E2: Moi je vais faire le truc de... Regarde.
00:22:36.280 - 00:22:43.680	Actions E2: Segment reliant les deux droites. Outils E2: Segment: à partir de deux points
00:22:43.160 - 00:22:45.000	E1: Et pourquoi tu fais ça?
00:22:43.920 - 00:22:44.560	Outils E2: Annule
00:22:45.240 - 00:22:50.800	E2: Non, c'est pas ça que je veux faire. Et je vais faire mes perpendiculaires comme tout à l'heure, là.
00:22:51.840 - 00:23:04.440	Actions E2: Perpendiculaire au plan passant par les deux droites. Outils E2: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:23:00.960 - 00:23:10.160	E1: Mais il faut le mettre dans l'autre sens! T'as compris? Regarde, attends. T'as compris? Attends, je crois que si tu fais ça, tu peux le... non, attends, vas-y retourne.
00:23:07.920 - 00:23:08.640	Outils E2: Annule
00:23:12.160 - 00:23:14.920	E2: Non mais attends je vais annuler mon premier plan.
00:23:14.440 - 00:23:15.520	Outils E2: Annule
00:23:16.640 - 00:23:19.880	E1: Refais une perpendiculaire.
00:23:20.080 - 00:23:20.640	Actions E2: à D1, par un point de D1 Outils E2: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:23:21.440 - 00:23:31.480	E1: Voilà. Et là... Voilà, et stop! Maintenant, et après comme ça tu regardes si là et là c'est perpendiculaire.
00:23:33.000 - 00:23:39.320	E2: Donc regarde... Faut regarder... Mais oui, si, c'est sûr!
00:23:39.520 - 00:23:42.000	E1: Ah oui c'est perpendiculaire si c'est dans l'autre sens...
00:23:42.040 - 00:23:43.080	E2: Ouais mais c'est perpendiculaire comme ça!
00:23:47.760 - 00:23:58.960	E1: Non, celle-là elle sera pas perpendiculaire. C'est pour ça que il faut... Ah oui, tu refais un autre plan, tu le fais perpendiculaire et tu vois si les deux plans ils sont pareil. Si les deux plans c'est les mêmes...
00:23:59.040 - 00:24:09.360	E2: Ouais mais c'est pas bon. Regarde. Là le plan il est perpendiculaire à l'autre plan.
00:24:10.080 - 00:24:11.040	E1: A quoi?
00:24:11.160 - 00:24:15.880	E2: Regarde, les droites elles sont comme ça, le plan il est perpendiculaire comme ça, donc de toute façon il sera perpendiculaire aux deux.
00:24:15.880 - 00:24:21.560	E1: Non non, parce que celle-là elle est comme ça! Celle-là elle est *droite* sur le truc!
00:24:21.600 - 00:24:31.000	E2: Mais oui mais c'est pas perpendiculaire. Elles sont toutes les deux... Regarde. Là, ça, c'est une perpendiculaire comme ça, alors que les droites elles sont comme ça c'est perpendiculaire en hauteur!
00:24:29.360 - 00:24:33.640	E1: Ah oui d'accord, donc faut que tu fasses... Fais une droite, plutôt, qui est perpendiculaire à elle comme ça! Tu vois?
00:24:32.680 - 00:24:33.760	Outils E2: Annule
00:24:35.040 - 00:24:36.720	E2: Oui mais donc le plan il sert à rien.
00:24:36.720 - 00:24:37.080	E1: Ouais.
00:24:40.880 - 00:24:45.520	E1: Attends, et surtout tu lâches pas la souris, parce que comme ça je peux te...
00:24:42.880 - 00:24:48.160	Actions E2: Segment joignant les deux droites. Outils E2: Segment: deux points à la volée
00:24:45.960 - 00:24:47.680	E2: Et non, comme ça, attends...
00:24:48.760 - 00:24:50.520	E1: Mais non, mais non!
00:24:50.960 - 00:24:55.240	Actions E2: Cherche dans le menu "mesures"
00:24:54.520 - 00:24:55.560	E1: Voilà...



00:24:58.520 - 00:25:00.600	E1: Angle...
00:25:02.840 - 00:25:06.200	E2: Non, c'est pas comme ça déjà! Non, c'est pas bon mon truc.
00:25:06.200 - 00:25:07.720	E1: Non mais, regarde.
00:25:07.720 - 00:25:08.680	E2: On va refaire des plans...
00:25:08.720 - 00:25:11.600	E1: Fais un plan, et... comme ça et comme ça tu le déplaces.
00:25:08.880 - 00:25:36.120	Actions E2: Plan perpendiculaire à D1: étudie les réactions de l'environnement sans construire le plan. Outils E2: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:25:11.600 - 00:25:14.000	E2: Mais non, c'est ce qu'on avait fait! C'est pas ça qu'il faut faire!
00:25:14.840 - 00:25:15.840	E1: C'est comme ça, et vas-y déplace...
00:25:15.840 - 00:25:19.200	E2: Non, là c'est en hauteur, il faut pas que ça soit en hauteur notre plan!
00:25:17.960 - 00:25:27.480	E1: Ouais mai... Non, je pense qu'il faut que tu fasses comme ça et puis que tu le tournes, quoi...
00:25:32.040 - 00:25:34.640	E1: Mais non mais là on est dans l'espace! Enlève!
00:25:37.240 - 00:25:43.640	E1: Non, mais je crois qu'il faut que tu fasses plus une droite perpendiculaire...
00:25:39.640 - 00:25:42.520	Outils E2: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:25:44.060 - 00:25:55.040	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:25:47.000 - 00:25:48.040	E2: Ca va pas...
00:25:51.470 - 00:25:52.320	E1: C'est ce que t'allais faire?
00:25:53.500 - 00:25:53.950	E2: Non.
00:26:12.020 - 00:26:14.560	E2: Oui, si voilà, c'est ça que je voulais!
00:26:14.080 - 00:26:24.120	Actions E2: Segment joignant les deux points d'intersection Outils E2: Segment: deux points à la volée
00:26:24.720 - 00:26:32.560	Actions E2: Déplace le plan et le segment en bougeant le point ayant servi à la création. Outils E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:26:33.400 - 00:26:38.480	E1: Ok, maintenant faut mesurer les deux angles.
00:26:39.520 - 00:26:41.680	E2: Ben non!
00:26:41.800 - 00:26:53.360	Outils E2: Manipulation: changement de point de vue
00:26:45.720 - 00:26:49.360	E1: Mais tu vois elles sont pas... Ils sont perpendiculaires aux deux, là!
00:26:54.520 - 00:26:56.480	E2: Ouais, en fait c'est un demi-plan qu'il faut faire.
00:26:56.920 - 00:27:01.200	E1: Non, ça sert à rien, faut faire une droite! Sérieusement...
00:27:04.600 - 00:27:12.960	E1: Alors c'est "annuler, annuler"...
00:27:20.960 - 00:27:22.600	Généralités: Réinitialisent.
00:27:22.880 - 00:27:24.480	E1: Ah, c'est mieux! Alors maintenant...
00:27:26.200 - 00:27:34.280	Actions E2: Cherche dans les menus.
00:27:34.880 - 00:27:36.600	E2: Droite!
00:27:36.360 - 00:27:52.920	Actions E2: Droite par un point de D1 et un point de l'espace (à la volée) Outils E2: Droite: par deux points
00:28:05.920 - 00:28:24.720	E1: Eh mais L, je crois qu'elles sont parallèles, en fait! Et que c'est un effet d'optique! Attends, regarde! Je sais! Enfin non, je sais pas, mais... Regarde, si l'une est para... Si elle est perpendiculaire à l'une, elle est perpendiculaire à l'autre, et les deux sont... Bah mesure ça et ça, si les angles ils sont pareils, ça veut dire que c'est parallèle.
00:28:26.280 - 00:28:27.520	E1: Mesure ça et ça!
00:28:27.760 - 00:28:29.000	E2: Oui ben deux secondes!
00:28:29.120 - 00:28:30.640	E1: T'es pas sur le truc!
00:28:30.600 - 00:28:32.040	E2: Oui, je sais, j'ai vu!
00:28:39.840 - 00:28:41.500	E1: Applique toi...
00:28:41.680 - 00:28:43.340	Actions E2: Point sur la droite tracée Outils E2: Point: sur objet
00:28:42.180 - 00:28:43.240	E2: Mais e suis toujours à côté!
00:28:43.700 - 00:28:44.960	Actions E2: Point sur D2 Outils E2: Point: sur objet
00:28:44.020 - 00:28:44.780	E1: Voilà...
00:28:48.740 - 00:28:52.720	E1: Et maintenant, outil machin... Outil "angle".
00:28:49.000 - 00:28:54.520	Actions E2: Angle entre D1 et la troisième droite: 131° Outils E2: Angle: trois points
00:28:56.320 - 00:29:01.840	Actions E2: Angle entre D2 et la troisième droite: 45° Outils E2: Angle: trois points
00:29:04.240 - 00:29:07.840	E1: Donc, tu en conclus?
00:29:06.280 - 00:29:08.960	E2: Je crois que elles sont pas parallèles...
00:29:08.560 - 00:29:11.120	E1: Ouais... Attends on va vérifier!
00:29:09.160 - 00:29:10.420	Actions E2: Point sur D1 Outils E2: Point: sur objet
00:29:11.040 - 00:29:12.300	Actions E2: Point sur D2 Outils E2: Point: sur objet
00:29:15.680 - 00:29:17.880	E1: N'importe quoi!
00:29:17.920 - 00:29:18.920	E2: Mais si...
00:29:22.600 - 00:29:27.000	E1: Qu'est ce que tu fais, là, tu crées des points partout!
00:29:27.280 - 00:29:28.560	E2: Mais oui mais c'est fait exprès...
00:29:30.120 - 00:29:32.200	Outils E2: Angle: trois points
00:29:31.040 - 00:29:33.480	E1: Et, je parie que ça va être le même angle...
00:29:33.320 - 00:29:40.160	Outils E2: Angle: trois points
00:29:34.800 - 00:29:35.880	E2: Bien sûr que non!
00:29:36.120 - 00:29:36.840	E1: Hein?
00:29:38.080 - 00:29:39.320	E2: Non mais c'est normal...
00:29:40.560 - 00:29:41.640	E1: Ah ben oui si tu...
00:29:41.560 - 00:29:43.160	E2: C'est pas le même angle d'un côté et de l'autre...
00:29:43.800 - 00:29:45.080	E1: Normalement si...
00:29:45.640 - 00:29:48.360	E2: Donc c'est pas... elles sont pas parallèles...
00:29:48.480 - 00:29:50.240	E1: Non, donc elles sont pas parallèles.
00:29:50.360 - 00:29:54.200	E2: Mais, je sais pas si on a le droit de prouver avec les...
00:29:54.280 - 00:29:56.520	E1: Ben on s'en fiche, on dit qu'on les a fait perpendiculaires!
00:29:57.320 - 00:30:00.680	E2: Ben non parce qu'on n'a pas fait... Comment tu veux faire perpendiculaire puisqu'on n'a pas réussi à faire...
00:29:59.800 - 00:30:04.720	E1: Shhhht! Mais tu modifies l'angle! Tu double-clique, et tu fais 90°!
00:30:06.160 - 00:30:37.160	Actions E2: Tente de changer numériquement la valeur de l'angle.
00:30:09.920 - 00:30:13.680	E1: Voilà, tu clique droit... Sur l'angle.
00:30:13.840 - 00:30:14.440	E2: Non mais...
00:30:15.600 - 00:30:16.600	E1: Sur l'angle!
00:30:17.200 - 00:30:18.320	E2: Attends.
00:30:19.280 - 00:30:23.360	E1: Voilà, et là tu modifies... Mais non, t'avais fait double-clic là!



00:30:22.760 - 00:30:23.960	E2: Oui je sais, j'ai vu!
00:30:25.440 - 00:30:30.920	E1: Là tu mets, tu mets ici, tu mets ça! 90°!
00:30:32.720 - 00:30:36.600	E1: Clique, mais non, mets toi sur le bon truc! Non, mais clique dessus!
00:30:37.360 - 00:30:39.560	E2: Non, on peut pas, on peut juste lui donner un nom, je crois...
00:30:55.200 - 00:30:58.640	E2: Là c'est un nom que tu lui donnes... Tu vois, c'est comme si tu voulais l'appeler Joseph.
00:31:01.800 - 00:31:05.360	E1: Mais, mais... Droite, clic droit, essaie de modifier...
00:31:05.640 - 00:31:06.480	E2: Non je peux pas!
00:31:06.720 - 00:31:09.520	E1: Mais t'as pas une fonction pour mesurer le machin?
00:31:11.200 - 00:31:13.000	E2: Ben, pas connue, en tout cas.
00:31:23.680 - 00:31:34.880	E2: Bon, comment on peut l'expliquer autrement, ce truc? Mais si, mais il faut faire le truc des plans, là!
00:31:33.400 - 00:31:40.760	Actions E2: Par D1 et un point de l'espace. Outils E2: Demi-plan: une droite et un point
00:31:41.600 - 00:31:45.600	E2: Voilà! C'est bon! Regarde!
00:31:46.080 - 00:31:48.000	E1: Mais non mais il faut pas l'expliquer par les angles...
00:31:49.200 - 00:31:59.800	E2: Bon, on voit bien... Si après on fait... On va faire des demi-droites, parce qu'après c'est chiant.
00:31:57.960 - 00:32:03.240	Actions E2: le long d'un bord du demi-plan. Outils E2: Demi-droite: par deux points
00:32:07.040 - 00:32:19.520	E2: Non, attends, une seconde. si on met ce point là... [un des points construits sur D1] Ah attends les autres ils nous embêtent, là...
00:32:37.400 - 00:32:38.720	Enseignant(e): Réinitialise 1_5
00:32:41.160 - 00:32:43.480	E2: Voilà.
00:32:44.240 - 00:32:49.040	Outils E2: Demi-plan: une droite et un point
00:33:18.680 - 00:33:22.960	E2: Regarde, on va faire le petit coup des...
00:33:28.880 - 00:33:40.920	Actions E2: Angle entre D1 et le bord du demi-plan: 92° Outils E2: Angle: trois points
00:33:41.440 - 00:33:46.200	Actions E2: Angle entre D2 et le bord du demi-plan: 84° Outils E2: Angle: trois points
00:33:42.600 - 00:33:44.240	E2: Voilà, hop !!
00:33:48.280 - 00:33:50.760	E2: Donc... Ah ben non c'est pas parallèle!
00:33:51.920 - 00:33:53.560	E1: Euuuh... Ah!
00:33:53.680 - 00:33:55.840	E2: 92°, à deux degrés près, c'était...
00:33:56.200 - 00:33:57.320	E1: Hum...
00:33:57.520 - 00:33:59.120	Outils E2: Annule
00:33:59.440 - 00:34:01.600	Actions E2: supprime les mesures d'angles Outils E2: Annule
00:34:06.800 - 00:34:09.680	Enseignant(e): Réinitialise.
00:34:10.720 - 00:34:12.600	Actions E2: sur D1 Outils E2: Point: sur objet
00:34:12.880 - 00:34:19.240	Actions E2: sur D1 Outils E2: Point: sur objet
00:34:20.880 - 00:34:27.640	Outils E2: Demi-plan: une droite et un point
00:34:28.400 - 00:34:31.200	E1: Bon ben c'est fait la 1_6!
00:34:34.640 - 00:34:37.400	E2: En fait ils ont menti!
00:34:40.600 - 00:34:55.040	E1: Regarde: elles sont sécantes car si une droite A est perpendiculaire à une autre, alors sa parallèle est perpendiculaire aussi à la droite A, or ce n'est pas le cas. Donc elles sont sécantes.
00:34:55.040 - 00:34:57.040	E2: Ouais, dans l'idée, mais...



Annexe E

Reconstruction d'un prisme

E.1 Étude des procédures

S_1

ρ_1 La seule procédure correspondant à cette stratégie consiste à construire des points à une position de l'espace repérée visuellement (r^{11} , ou r^{12} et r^{13}), ajuster éventuellement leur position (r^1 , r^2 ou r^3), puis construire les arêtes des prismes. Le seul contrôle s'exerçant avant, pendant et après la construction est le contrôle visuel de la forme (σ^1 à σ^7). Cette procédure est très coûteuse en raison des faiblesses du contrôle visuel, qui obligent à multiplier les ajustements.

S_2

ρ_2 Cette procédure est très similaire, mais met en jeu la construction de plans parallèles au plan de base, soit par ajustement (r^{38}), soit à l'aide des primitives "parallèle" (r^{44}) et "perpendiculaire" (r^{43}). Les sommets sont ensuite ajustés sur les différents plans, et servent de bases pour la construction des arêtes. Cette procédure met en jeu le contrôle de la forme (σ^4), antérieurement et postérieurement à la construction, et le contrôle de la position d'un point sur un support (σ^3) pour la construction, ce qui fait exclusivement signe vers la visualisation iconique.

S_3

ρ_3 Dans cette procédure, la construction de plans est remplacée par celle de droites (r^{20} , r^{29} , r^{27}) qui servent de supports à l'ajustement de la position de points. Les contrôles sont similaires : σ^3 et σ^4 .

S_4

ρ_4 La construction du premier prisme repose ici sur l'ajustement des sommets permettant de compléter la base, la construction d'un plan parallèle au plan de base (r^{44}), puis son intersection avec des droites verticales (r^{15} ou r^{16}).

Pour les prismes suivants, il sera en outre nécessaire de construire une première base avant de répéter la même procédure, et celle-ci sera obtenue par ajustement, éventuellement sur un plan ou des droites servant de support.

Les contôles sont identiques aux procédures précédentes, aussi l'utilisation de primitives géométriques ne semble pas faire signe vers une quelconque déconstruction instrumentale.

S_5

ρ_5 Cet ajustement sur un plan suppose la construction de plans servant de supports pour ajuster la position des sommets. Cet ajustement peut s'enrichir de la mesure de l'angle formé entre une arête précédemment construite et une nouvelle arête (r^{14} , r^{21} , r^{73} , et r^4), ce qui permet d'exercer un contrôle d'identité d'angles (σ^{12}) qui vient suppléer le contrôle de la forme (σ^4).

Cette procédure permet difficilement de construire la première arête d'un polygone, car elle ne permet de repérer ni sa position ni sa longueur, aussi il paraît plus probable de la voir utilisée pour compléter un polygone ou construire une base sur un plan qui en comporte déjà une — par exemple la première base des phase 2, 3 et 4.

ρ_6 La seconde procédure permettant de repérer un ajustement dans le plan par des mesures consiste en une triangulation, et est donc très proche de la précédente : r^{14} , r^{21} , r^{70} , puis r^4 . Cette procédure est plus délicate à mettre en place, dans la mesure où il faut ajuster simultanément deux longueurs, mais permet un contrôle direct de la mesure des arêtes produites. Le contrôle repose ici encore sur l'identité de forme et de mesures (σ^4 et σ^{11}).

S_6

ρ_7 Cette stratégie suppose la construction de droites sur lesquelles placer le point, orthogonales à un plan de base (r^{30}) pour construire une seconde base d'après la première, par deux points (r^{20}) ou parallèle à une droite remarquable (r^{28} ou r^{29}) pour compléter une base ou entamer la construction d'un nouveau prisme. S'ensuit la construction du sommet (r^{14}), de l'arête (r^{21}), la mesure de sa longueur (r^{67} ou r^{70}) et l'ajustement de la position du point (r^4). Le contrôle est comme précédemment assuré par les identités de forme et de longueurs.

S_7

ρ_8 Cette procédure consiste à contrôler les constructions de ρ_4 par des mesures de longueurs (r^{70} ou r^{69}), notamment la hauteur des plans portant les sommets. Le contrôle s'appuie donc ici encore sur l'identité de formes et de mesures.

S_8

- ρ_9 La première procédure permet de construire la seconde base du prisme en fonction de la première et de lier les mouvements des sommets selon un axe parallèle à (Oz) , permettant d’“aligner” ces deux bases. La procédure est identique à ρ_4 et ρ_8 du point de vue des opérateurs, et repose donc toujours sur l’intersection d’un plan parallèle à la base avec des droites qui lui sont orthogonales, mais elle s’enrichit du contrôle de mouvements coordonnés (σ^{27}) au cours de la construction, qui fait signe vers la déconstruction instrumentale.
- ρ_{10} La seconde procédure vise en revanche la construction d’un second prisme dont les sommets sont liés à ceux du premier. Envisagée comme une conséquence des rétroactions engendrées par l’ajustement dans le plan (ρ_2 , ρ_5 ou ρ_6), qui ne permet pas de produire de mouvements simultanés de points, celle-ci peut consister à “attacher” des sommets déjà existant sur des droites liant deux sommets selon une direction donnée (r_{cons}^1) : par exemple, une droite parallèle à une diagonale de la base pour construire des sommets du second prisme. Cet opérateur ne donne pas de résultat dans Cabri 3D, ce que révèle σ^{25} témoin de l’absence de lien entre les sommets, et peut faire apparaître la nécessité de déterminer les propriétés des objets avant leur construction. Cela traduit ici encore une apparition de la déconstruction instrumentale, qui reste toutefois assujettie à des phénomènes physiques — auxquels s’ajoutent le mouvement coordonné de points —, et l’absence d’anticipation relativement aux propriétés des objets témoigne d’un référentiel théorique très limité. En revanche, la nature des phénomènes physiques évolue profondément puisque le contrôle par les mesures n’est alors plus pertinent que lorsque d’autres contrôles ne sont pas disponibles.
- ρ_{11} Il peut en découler une troisième procédure qui consiste à construire préalablement des droites remarquables sur lesquelles seront attachées les sommets dont le mouvement coordonné est souhaité. Les opérateurs et contrôles sont ainsi strictement identiques à ρ_{10} , mais dans ce cas l’interprétation de mouvements simultanés (σ^{25}) intervient avant toute construction, pour la déterminer, et non après une première construction qu’il a invalidé. La déconstruction instrumentale est ici encore tournée vers des propriétés physiques, mais permet une élaboration antérieure à la réalisation matérielle. Cela permet de considérer que, même si la figure n’est pas envisagée, et quand bien même seule l’association de schèmes d’action instrumentée à des effets mécaniques serait concernée, une élaboration théorique émerge.¹

1. Ne nous quittez pas, la suite arrive après une courte page de pub !

Remarque :

Nous avons détaillé de nombreuses procédures très similaires, en particulier du point de vue des opérateurs qu'elles mettent en jeu, permettant la construction de sommets sur des droites supports. Elles diffèrent pourtant par le rôle dévolu à chaque contrôle, qui change le sens de l'utilisation des opérateurs.

Dans ρ_7 par exemple, les droites servent à ajuster plus facilement la position d'un point et conduisent éventuellement à des mouvements coordonnés, qui ne sont que des effets secondaires. Dans ρ_{11} en revanche, la recherche de mouvements simultanés s'exerce a priori (σ^{27}) et conduit à la construction de droites permettant de l'assurer au moins partiellement. L'ajustement sur une telle droite, qui ne contraint la position du point que selon deux directions, peut alors intervenir, mais il ne persiste que faute d'un opérateur plus "performant".

C'est en ce sens que la déconstruction instrumentale apparaît sans que la visualisation iconique soit totalement exclue : l'aspect mécanique conduit à élaborer une certaine déconstruction instrumentale qui ne prend en charge dans un premier temps que certaines propriétés, qui sont exclusivement sensibles. L'ajustement est condamné de fait, pour son incapacité à lier des sommets entre eux, mais ne l'est pas encore pour son incapacité à représenter des objets géométriques qui ne sont pas visés.

 S_9

ρ_{12} Cette procédure repose sur l'association d'effets mécaniques avec des instruments s'appuyant sur les primitives géométriques de Cabri 3D. Il en va ainsi de l'identification de la symétrie permettant de d'interpréter deux points gravitant autour d'un centre (σ^{28}), mais aussi de la symétrie axiale (σ_{cons}^1) ou de la rotation (σ_{cons}^2). Concernant ce dernier contrôle, notons qu'il peut conduire à différentes interprétations, et s'appliquer aux mêmes observations que l'identification de symétries.

C'est donc le test de dépendance (σ^{27}) qui permettra d'étudier les relations entre différentes unités figurales et conduira à reconstruire les sommets par transformation (r^{54} , r^{53} , r^{55} , r^{58} , r^{56}).

Cette procédure sera notamment marquée par une utilisation éventuellement peu efficace des outils, soit s'appuyant sur de multiples essais, soit que la primitive employée ne soit pas la plus adaptée — par exemple réaliser une rotation pour produire une symétrie. En outre, les points étant les indicateurs privilégiés des relations, nous pouvons considérer que les arêtes ne seront pas construites par transformation.

 S_{10}

ρ_{13} Contrairement aux procédures précédentes, la construction repose sur les propriétés des objets observés, identifiés à des *configurations de base*, c'est-à-dire en associant à une forme connue un ensemble de propriétés. Ainsi, le losange a des diagonales perpendiculaires qui sont axes de symétrie, des côtés égaux et parallèles deux à deux. . . La proximité entre le nom de ces propriétés et celui des outils de Cabri 3D permet alors un grand nombre de reconstructions. Celles-ci seront proches de ρ_{14} ou ρ_{15} concernant les configurations, mais emprunteront aux procédures précédentes pour toutes les autres constructions.

Cette procédure s'appuie essentiellement sur la reconnaissance d'une forme permettant d'identifier des procédés de construction, et non sur une déconstruction dimensionnelle de l'objet. En cela elle relève de I_{cons}^3 plutôt que de I_{cons}^4 , et les solutions apportées seront très locales :

- le cerf-volant étant peu connu des étudiants, il ne sera pas identifié en tant que “configuration”
- s'il est possible d'identifier un polygone, les relations entre unités figurales ne seront pas identifiées dans l'espace : ce sera par exemple le cas de la symétrie autour du point O.
- la reconnaissance de configurations ne permettent pas non plus la construction d'un polygone à partir d'un polygone identique n'ayant qu'un sommet commun.
- il est possible que la reconnaissance du polygone soit erronée, ce qui conduit à une reconstruction invalide (par exemple un carré ou un parallélogramme au lieu d'un losange)

Cette incapacité à identifier des propriétés hors de quelques configurations nous permettra de conclure à l'identification de configurations plutôt qu'à une déconstruction dimensionnelle.

S_{11}

ρ_{14} Cette procédure emprunte aux constructions géométriques réalisées sur papier, “à la règle et au compas”. Il s'agit dans un premier temps d'identifier les propriétés observées par le déplacement (σ_{cons}^3), puis de les produire par la construction d'unités figurales adéquates : perpendiculaire (r^{27} , r^{30} , r^{43}), parallèle (r^{29} , r^{44}), milieu (r^{50}), cercle (r^{33} , r^{34} , r^{36}) . . . Les sommets seront obtenus par intersection, et les arêtes en joignant les sommets.

Cette construction est contrôlée a priori par la déconstruction dimensionnelle (σ^{30}) qui garantit la validité de la procédure, et éventuellement a posteriori par la résistance au déplacement (σ^{26}) mentionnée dans la consigne.

S_{12}

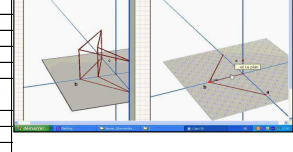
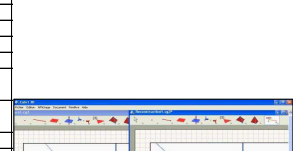
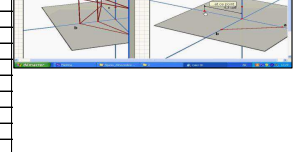
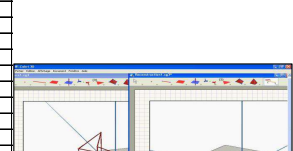
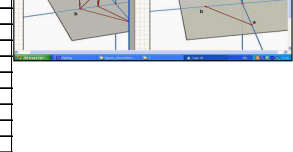
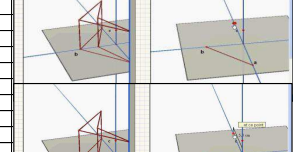
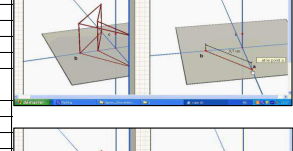
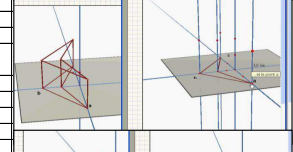
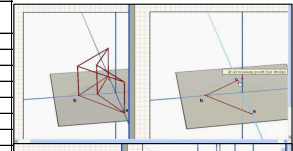
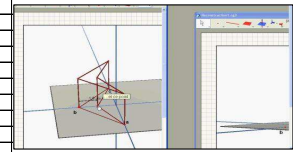
ρ_{15} Enfin, la construction par transformation repose comme précédemment sur la déconstruction dimensionnelle de l'objet proposé (σ_{cons}^3 ,

σ^{30}), puis l'association de ces propriétés à des transformations permettant de les produire — ce qui relève toujours de σ^{30} . La construction se fait ensuite par transformation $(r^{54}, r^{53}, r^{55}, r^{58}, r^{56})$ pour reconstruire les sommets ou les arêtes.

E.2 Transcriptions

Reproduction d'un prisme: premier groupe

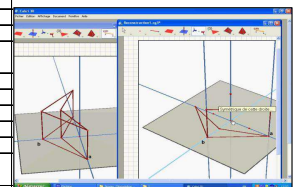
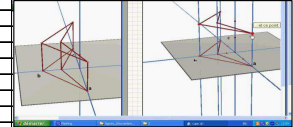
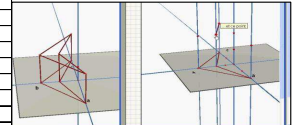
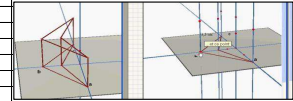
Temps	
00:00:48.560 - 00:00:49.640	Généralités: Fig.1 kite
00:00:51.360 - 00:01:13.680	Enseignant(e): Voilà, ça c'est ce que vous avez à reconstruire, et pour reconstruire vous utilisez "reconstruction". Vous avez déjà les points a, b et c. Et là, à partir des points a, b et c je veux que vous reconstruisiez le modèle. si vous voulez voir les deux en même temps, vous pouvez cliquer sur les deux petits carrés.
00:01:53.640 - 00:01:58.000	E1: On s'en fout, ça, de mesurer la longueur!
00:01:54.800 - 00:02:03.840	Actions E2: bb'
00:01:58.240 - 00:01:59.480	E2: Non, je crois pas.
00:01:59.760 - 00:02:01.320	E1: T'es bête ou quoi?
00:02:04.560 - 00:02:06.240	E1: On s'en fout! Tu fais une droite comme ça! Toi tu...
00:02:11.920 - 00:02:13.480	Généralités: Reconstruction1
00:02:13.840 - 00:02:15.800	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:02:16.240 - 00:02:21.200	E1: Ouais, fais une droite comme ça... Enfin segment, segment!
00:02:17.160 - 00:02:23.280	Actions E2: Outil "distance", sans finir la mesure
00:02:22.560 - 00:02:23.680	E2: Je peux pas!
00:02:23.560 - 00:02:29.760	E1: Ouais, parce que t'as pas tracé de droite dessus. Attends, refais, c'est pas bon là.
00:02:23.640 - 00:02:26.120	Actions E2: b Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:02:35.040 - 00:02:36.360	Généralités: Réinitialise la reconstruction
00:02:48.760 - 00:02:53.080	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:02:55.920 - 00:03:00.360	Actions E2: [ab] Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:03:00.640 - 00:03:04.960	Actions E2: Tente de créer un segment entre le point b et l'emplacement de la lettre "c" sur (Oa) Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:03:04.680 - 00:03:07.080	E2: il est où le point c?
00:03:07.240 - 00:03:09.240	E1: Là! Il est là le point c!
00:03:09.200 - 00:03:11.560	E2: Mais non mais là il est en haut! Là ici, regarde, il est là!
00:03:11.560 - 00:03:13.520	E1: Ah ouais...
00:03:13.520 - 00:03:16.000	E2: Attends, je vais demander vite fait.
00:03:16.160 - 00:03:23.240	E1: Ouais mais non... peut être que le point c c'est lui, ils le mettent là.
00:03:23.080 - 00:03:24.640	Généralités: Fig.1
00:03:24.200 - 00:03:25.800	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:03:24.480 - 00:03:26.640	E2: Ah non, le point c il est là!
00:03:26.680 - 00:03:28.440	E1: ah ouais, je le vois.
00:03:28.480 - 00:03:35.200	E2: Ah non, il est là le point c! [désigne le point c sur la figure de reconstruction] Ça il faut trouver, donc pour le faire il faut trouver la longueur de a! Donc, la longueur de a...
00:03:36.720 - 00:03:43.160	Actions E2: ab Outil E2: Distance: deux points
00:03:41.680 - 00:03:42.960	E2: 5,7
00:03:46.120 - 00:03:48.160	E2: Donc là...
00:03:46.120 - 00:03:48.160	Actions E2: Tente de mesurer la distance entre b et un point de (Oa) construit à la volée Outil E2: Distance: deux points
00:03:47.680 - 00:03:49.160	E1: Tu peux pas, faut faire une droite déjà.
00:03:48.720 - 00:03:54.800	E2: C'est le truc. Alors, pour la faire... normalement, il y a un truc, attends...
00:03:53.560 - 00:03:55.000	E1: Non, faut la faire.
00:03:54.960 - 00:04:05.440	E2: Non, regarde... Normalement il y a un truc où tu peux la mesurer quand tu la fais.
00:04:05.520 - 00:04:07.360	E1: Là je sais pas.
00:04:07.840 - 00:04:24.160	E2: Il faut faire déjà un point, c'est bon c'est bon! Regarde, j'ai compris, regarde! Tu mets le point. Tu le mets au hasard... Et normalement ça va pas marcher, mais attends...
00:04:13.720 - 00:04:18.480	Actions E2: a' sur (Oa) Outil E2: Point: sur objet
00:04:22.560 - 00:04:29.160	Actions E2: oa' Ne finit pas la mesure, se contente de survoler a' Outil E2: Distance: deux points
00:04:23.560 - 00:04:24.720	E1: Tu fais quoi, là?
00:04:28.920 - 00:04:29.800	E2: 5
00:04:32.640 - 00:04:34.240	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:04:32.760 - 00:04:33.440	E1: Tu fais n'importe quoi...
00:04:33.800 - 00:04:34.720	E2: Tu vas voir!
00:04:35.120 - 00:04:39.840	Actions E2: éloigne a' de Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:04:41.120 - 00:04:44.640	E1: Non, trop pas, faut pas qu'il fasse autant! Faut qu'il fasse combien?
00:04:42.240 - 00:04:47.040	Actions E2: cherche à mesurer Oa'
00:04:44.800 - 00:04:45.600	E2: 5,7
00:04:46.600 - 00:04:49.640	E1: Mais non, trop pas! C'est ça qui fait...
00:04:49.160 - 00:04:51.400	E2: c'est ça qui fait 5,7!
00:04:49.160 - 00:04:51.400	Actions E2: Désigne [ab]
00:04:51.440 - 00:04:53.680	E1: Oui mais ça c'est pas égal à ça, t'es bête!
00:04:53.640 - 00:04:55.080	E2: non c'est ça qui fait 5,7, je crois.
00:04:53.640 - 00:04:55.080	Actions E2: Désigne [Oa]
00:04:55.120 - 00:04:57.560	E1: Non trop pas! Ça doit être ça, parce que ça...
00:04:57.760 - 00:04:59.120	E2: Ah oui attends attends!
00:04:58.240 - 00:05:00.800	Actions E2: Oa Outil E2: Distance: deux points
00:04:59.657 - 00:05:09.017	Généralités: E2 ne finit pas les opérations de mesure, ressemble à la mesure à la règle en p/c
00:05:00.840 - 00:05:02.360	E1: T'as vu c'est 4,5!
00:05:02.080 - 00:05:04.560	E2: 4,5...
00:05:03.560 - 00:05:10.280	Actions E2: a' Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:05:10.800 - 00:05:16.320	Actions E2: Oa', mais ne finit pas la mesure. Outil E2: Distance: deux points
00:05:17.320 - 00:05:19.920	E1: Ouais mais c'est pas précis ce que tu fais, tu pourras pas.
00:05:18.320 - 00:05:23.800	Actions E2: a' Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:05:24.360 - 00:05:28.400	Actions E2: Oa' Outil E2: Distance: deux points
00:05:25.120 - 00:05:36.720	E2: Trop pas! Regarde: 4,5. Et ouais mon gars! Donc, maintenant...
00:05:37.360 - 00:05:42.120	Actions E2: [ba'] Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:05:43.080 - 00:05:48.400	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:05:51.600 - 00:05:54.880	E2: En fait je sais comment faire.
00:05:55.560 - 00:06:03.240	Actions E2: (Oa) Outil E2: Droite: par deux points
00:05:57.080 - 00:06:03.640	E2: Droite... On en refait une là dessus en fait!
00:06:05.800 - 00:06:12.480	E2: Si, parce que regarde, comme ça on peut le mesurer! C'est pas normal. Normalement on peut le re-mesurer.
00:06:06.400 - 00:06:16.400	Actions E2: Cherche à mesurer une distance entre le point O et ??
00:06:15.040 - 00:06:18.880	E1: Je peux le faire, en fait? A chaque fois tu veux tout faire...
00:06:18.680 - 00:06:20.920	E2: Non, trop pas, mais regarde!
00:06:20.720 - 00:06:22.440	E1: Ouais, mais qu'est ce que tu veux faire, en fait?
00:06:22.320 - 00:06:24.000	E2: Mais regarde le truc! Donne!
00:06:29.920 - 00:06:39.360	Actions E1: sur le modèle: bO Outil E1: Distance: deux points
00:06:33.680 - 00:06:38.280	E2: Mais ça c'est bon! Faut qu'on trouve le truc entier, quoi!
00:06:38.320 - 00:06:39.800	E1: 3,6
00:06:39.600 - 00:06:48.280	E2: Bah oui, ben c'est bon, c'est 1,8! Il faut faire la moitié d'un segment! Je sais pas si on peut effacer ou pas...
00:06:50.120 - 00:07:04.280	Actions E1: Divers essaie avant de construire [Ob] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:06:50.520 - 00:07:09.440	E2: Comment on fait le truc, il n'y a pas de droite, là! Y en a pas de là à là, c'est ça qui est gênant, on pourra pas l'effacer, après! Ah si! On l'effacera après! Vas-y, si si, fais! Vas-y, c'est bon! Après on mesure, tu sais? Tu prends 1,8!
00:07:06.880 - 00:07:15.920	Actions E1: Cherche à construire un point b' à la volée en contrôlant sa position par sa distance au point b. Outil E1: Distance: deux points
00:07:12.560 - 00:07:22.120	E1: Ouais, mais ça veut pas prendre ça par contre... Ca m'énerve, ça a pas pris!
00:07:20.880 - 00:07:29.880	Actions E1: Tente d'utiliser l'outil "longueur"
00:07:27.840 - 00:07:36.280	E2: Efface les longueurs, parce que là [??] Non, t'as mis... C'est distance, c'est pas longueur!
00:07:37.600 - 00:07:38.600	Outil E1: Annule
00:07:39.080 - 00:07:40.080	Outil E1: Annule
00:07:40.360 - 00:07:47.280	E2: C'est bon! Là t'es dans "distance", donc là normalement tu peux faire 1,8. Refais! Normalement si t'es dans "distance", c'est bon!
00:07:41.880 - 00:08:04.160	Actions E1: Cherche à construire un point b' à la volée en contrôlant sa position par sa distance au point b. Outil E1: Distance: deux points
00:07:48.800 - 00:07:52.360	E2: Ben là pourtant sur celui-là [ab] ça marche!
00:07:52.440 - 00:07:53.040	E1: Bof...
00:07:53.200 - 00:07:54.360	E2: Ben si, regarde. La preuve!
00:07:54.680 - 00:07:58.000	E1: Non mais parce que là il y a une droite, regarde.
00:07:56.840 - 00:07:59.440	E2: Non mais parce qu'il bugge! C'est l'ordi qui bugge! Normalement tu peux le faire là bas.
00:08:03.040 - 00:08:08.000	E2: Est-ce que de là à là on peut mesurer comme ça? Mais là moitié, sans...
00:08:07.200 - 00:08:12.280	Enseignant(e): Ben dans ce cas là tu peux mettre un point au milieu... Un point, tu peux toujours le re-déplacer, après.
00:08:10.200 - 00:08:14.960	Actions E1: à l'emplacement supposé de b' Outil E1: Point: sur objet
00:08:12.040 - 00:08:13.160	E2: Oui mais après c'est pas précis!
00:08:13.680 - 00:08:14.400	Enseignant(e): Comment ça?
00:08:14.440 - 00:08:16.240	E2: Ce sera pas précis, si on bouge...
00:08:17.840 - 00:08:24.440	Actions E1: bb': ne finit pas la construction, et la mesure disparaît dès que le pointeur quitte b' Outil E1: Distance: deux points
00:08:23.880 - 00:08:28.400	E2: Donc voilà, là comme ça on voit rien du tout, on va le déplacer un petit peu mais c'est pas précis!



00:08:28.400 - 00:08:36.800	Enseignant(e): Bah tu vas avoir des problèmes, effectivement, pour le mettre à la bonne place, mais ce serait la même chose si tu mettais le... Si t'ajustais la distance.	
00:08:35.720 - 00:08:39.720	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:08:40.880 - 00:08:44.320	E2: Laisse comme ça! Ca va faire 1,6, là je pense.	
00:08:42.200 - 00:08:48.800	Actions E1: bb': ne finit pas la construction, et la mesure (1,8) disparaît dès que le pointeur quitte b' Outil E1: Distance: deux points	
00:08:50.000 - 00:08:52.360	E1: Allez, hop...	
00:08:52.040 - 00:08:57.240	Actions E1: [a'b'] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:08:59.680 - 00:09:04.760	Actions E1: [b'a'] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:09:03.680 - 00:09:06.360	E2: Attends, là fais ça...	
00:09:05.640 - 00:09:07.520	E1: Attends, je fais juste...	
00:09:09.040 - 00:09:14.240	Actions E1: Supprime [Obj]	
00:09:30.080 - 00:09:36.760	E1: Après il faut faire un deuxième plan... Mais le c, je vois pas ce qu'il fait là, en fait.	
00:09:37.840 - 00:09:40.720	E2: Il sert à rien...	
00:09:40.760 - 00:09:44.440	E1: Ah si! Il est dans le même plan que ça [il paraît dans la face supérieure]	
00:09:44.600 - 00:09:46.920	E2: Oui, regarde!	
00:09:47.000 - 00:09:50.920	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue	
00:09:51.040 - 00:09:53.240	E1: Tu fais quoi, là?	
00:09:53.440 - 00:09:54.680	E2: Je teste un truc.	
00:09:55.640 - 00:10:16.680	Actions E2: Droite par le point c, et recherche un second point. Change de point de vue simultanément. En vue de dessus, finit par construire une droite passant par un point de (Ob) Outil E2: Droite: par deux points	
00:10:08.720 - 00:10:13.160	E2: C'est sur le point c. là! Et là, il faut qu'on fasse perpendiculaire...	
00:10:17.160 - 00:10:40.880	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue	
00:10:20.640 - 00:10:22.560	E1: Pourquoi perpendiculaire à...	
00:10:22.440 - 00:10:35.920	E2: Mince! Parce que attends... Mais attends, mais c'est... Pourquoi elle part en... Mince... Mais il fallait faire ça, mais...	
00:10:35.640 - 00:10:37.240	E1: Mais non, là elle est bonne, là!	
00:10:37.360 - 00:10:39.880	E2: Trop pas, regarde comment elle part en descente!	
00:10:39.240 - 00:10:46.160	E1: Ben, normal. C'est dans l'espace, ça va...	
00:10:46.960 - 00:11:00.960	E2: Non mais regarde, moi je voulais faire ça: je fais une droite bien parallèle comme ça, comme ça après tu fais la moitié des trucs, tu fais un plan. Mais c'est galère. Ah si c'est bon!	
00:11:00.800 - 00:11:01.560	E1: Attends...	
00:11:01.240 - 00:11:35.480	Actions E2: Cherche à construire une droite passant par b, en déplaçant la position du second point. Place finalement le point sur (Oc) Outil E2: Droite: par deux points	
00:11:02.040 - 00:11:03.240	E2: Non, je sais pas si ça sera bon.	
00:11:07.120 - 00:11:10.160	E2: Parce que le truc après, il faut que ce soit perpendiculaire.	
00:11:11.880 - 00:11:15.520	E1: Tu fais quoi, là?	
00:11:18.680 - 00:11:20.240	E1: Je comprends rien à ce que tu fais...	
00:11:35.720 - 00:11:41.480	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue	
00:11:38.560 - 00:11:41.280	E2: Pfff c'est pas...	
00:11:41.920 - 00:11:42.800	Actions E2: Supprime la droite. Outil E2: Annule	
00:11:43.200 - 00:11:47.440	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue	
00:11:52.840 - 00:11:58.880	E2: Je sais pas... Il faut qu'on trouve!	
00:11:59.440 - 00:12:16.920	Actions E2: Cherche à construire un segment à partir du point b, déplace le pointeur pour ajuster le second point. Outil E2: Segment: à partir de deux points	
00:12:24.120 - 00:12:26.680	E1: Fallait faire un autre plan!	
00:12:28.880 - 00:12:33.000	E2: Non, mais ctrl-V [annuler], elle sert à rien!	
00:12:31.320 - 00:12:33.800	Outil E2: Annule	
00:12:34.600 - 00:12:43.000	E1: Attends, monte pour voir? Ca doit être le même?	
00:12:37.520 - 00:12:43.920	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue	
00:12:43.280 - 00:12:44.560	E2: Je sais pas...	
00:12:44.840 - 00:12:47.160	E1: (à un autre groupe) Eh vous y arrivez, vous?	
00:12:46.880 - 00:12:48.760	Généralités: Ouais, on a galéré, un peu, mais...	
00:12:48.680 - 00:12:52.240	E2: Mais comment on fait... comment on fait pour faire un plan à l'étage?	
00:12:49.960 - 00:12:51.760	E1: Non mais ils ont pas la même figure que nous!	
00:12:55.000 - 00:13:01.000	E1: Mais monsieur, c'il est pas au même plan que ces points là. [désigne la face supérieure]	
00:13:02.240 - 00:13:11.960	Enseignant(e): Non! c, en fait si vous bougez ce truc là, vous allez voir que vous allez... et voilà, c'est un élément dont vous allez pouvoir vous servir pour construire, mais...	
00:13:03.400 - 00:13:18.960	Actions E1: Observe la Fig.1 Outil E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:13:09.840 - 00:13:12.920	E1: Ah c'est la moitié!	
00:13:12.920 - 00:13:23.480	E2: Ouh! C'est ce que je t'ai dit tout à l'heure, mais c'est pas bon! Enfin, je veux dire, je sais pas comment on... le former, quoi. Ca c'est... Celui là, il pourrait nous aider pour la moitié, mais il sert à rien. On peut pas. Enfin je sais pas comment faire.	
00:13:22.680 - 00:13:26.000	E1: [inaudible]	
00:13:26.000 - 00:13:27.600	E2: Oui mais je sais pas comment faire, quoi.	
00:13:27.640 - 00:13:31.000	E1: Ben un point, là, à la distance, et on fait un plan.	
00:13:30.920 - 00:13:33.280	E2: Ca va être chaud, mais essaie...	
00:13:35.720 - 00:13:42.840	Actions E1: Oc Outil E1: Distance: deux points	
00:13:44.320 - 00:13:46.240	E2: Ca faisait 1,8.	
00:13:55.880 - 00:14:04.720	Actions E1: Oc. Les mesures ne sont jamais construites totalement, et s'effacent aussitôt. Outil E1: Distance: deux points	
00:14:04.440 - 00:14:06.400	E1: 1,8	
00:14:07.240 - 00:14:12.880	Actions E1: O', sur (Oc) Outil E1: Point: sur objet	
00:14:13.560 - 00:14:18.880	Actions E1: O'c: 1,9 Outil E1: Distance: deux points	
00:14:19.480 - 00:14:25.640	Actions E1: O' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:14:25.160 - 00:14:27.680	E2: Ca va être chaud, là! Stop!	
00:14:27.840 - 00:14:37.920	Actions E1: Cherche à mesurer O'c: 1,8 Outil E1: Distance: deux points	
00:14:36.680 - 00:14:38.400	E2: C'est bon, c'est bon! 1,8.	
00:14:42.880 - 00:14:47.040	E1: Mais alors pourquoi de là à là ça fait 3,5? [OO], apparaît quand le pointeur survole le plan de base]	
00:14:47.560 - 00:14:54.320	E2: Je sais pas. Attends, vas sur le truc en dessous.	
00:15:19.440 - 00:16:35.280	Actions E1: tente de construire un plan par O' et par des points construits à la volée. Outil E1: Plan: par trois points	
00:15:35.640 - 00:15:38.920	E1: Comme ça, c'est bon?	
00:15:39.120 - 00:16:03.520	E2: Non non, il faut que ce soit bien droit! Clique. Attends, tiens, regarde, fais comme ça. Décale-le comme ça, et mets-le là. Ce point, là, le trait, comme ça. Attends, mets-le bien, parce que sinon on va... Fais voir. [construction du second point]. Par contre maintenant faut bien le mettre, le plan.	
00:16:03.920 - 00:16:06.080	E1: Tu le vois, là?	
00:16:06.200 - 00:16:12.640	E2: Non, place le pareil sur le plan. Refais, pareil, comme t'as fait, là, descend...	
00:16:30.440 - 00:16:35.280	E2: Mince! Fais ctrl-Z	
00:16:37.720 - 00:17:53.560	Actions E1: tente de construire un plan par O' et par des points construits à la volée. Outil E1: Plan: par trois points	
00:16:42.240 - 00:16:44.400	E2: Vas-y, mets-le sur ce point-là.	
00:16:47.840 - 00:16:49.120	E2: Plus haut.	
00:16:52.240 - 00:17:03.280	E2: Là... tu vas là dessus pour que ce soit... le mieux... le plus précis possible. Ouais, c'est pas exact.	
00:17:12.880 - 00:17:28.720	E2: Je sais pas si ça va être précis. Teste toujours, mais je crois pas... Pour être le plus précis possible, il faut que tu mettes là! C'est là qu'on doit aller.	
00:17:49.480 - 00:17:50.840	E2: Clique.	
00:17:52.040 - 00:17:54.200	E2: Clique, clique! Non, trop tard!	
00:17:54.520 - 00:17:56.520	E1: Mais non, c'est penché!	
00:18:07.080 - 00:18:09.360	E2: Fais ctrl-Z, ça sert à rien, c'est penché, là!	
00:18:19.920 - 00:18:31.400	Actions E2: Tente de poursuivre la construction Outil E2: Plan: par trois points	
00:18:22.960 - 00:18:24.200	E1: Tu sais comment faire des...	
00:18:24.160 - 00:18:25.280	E2: attention, là!	
00:18:25.400 - 00:18:26.720	E1: Non non, c'est penché, ça sert à rien!	
00:18:26.680 - 00:18:28.120	E2: Attends...	
00:18:28.280 - 00:18:30.440	E1: Ca sert à rien, n'essaie même pas!	
00:18:31.920 - 00:18:34.080	E2: On va recommencer, c'est bon!	
00:18:45.920 - 00:18:50.440	Enseignant(e): Vous, ça fonctionne?	
00:18:46.960 - 00:18:47.800	Outil E2: Annule	
00:18:52.640 - 00:18:53.880	E1: (à E2) T'as enlevé le point!	
00:18:54.640 - 00:19:02.240	E1: Monsieur, comment on fait pour faire l'opération d'après, en fait?	
00:19:02.040 - 00:19:03.840	Enseignant(e): Pour faire?	
00:19:03.280 - 00:19:04.200	E2: L'opération d'après.	
00:19:13.520 - 00:19:15.800	Actions E2: Rétablit O'	
00:19:32.680 - 00:21:45.880	Actions E1: Tente de nouveau de construire un second plan avec des points à la volée. Les positionnements vertical et horizontal des points sont séparés. Cherche à placer les points à des positions précises, par exemple à la verticale de b. Finalement, construit (Obc) Outil E1: Plan: par trois points	
00:20:03.040 - 00:20:04.800	E2: Tu fais quoi, là?	
00:20:15.720 - 00:20:27.840	E2: T'as mis quoi? T'as cliqué sur quoi, au fait? C'est ça à faire, de toute façon, c'est bon... Et après tu fais sur les trois autres points!	
00:21:22.840 - 00:21:26.320	E2: Mais au pire fais comme ça, c'est bon/fais le... voilà, comme ça! [(Obc)]	
00:21:26.280 - 00:21:27.600	E1: Ca sert à rien!	

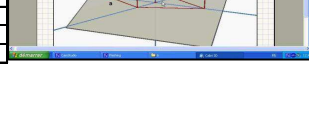
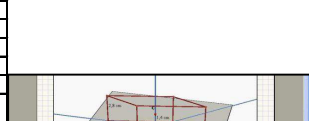
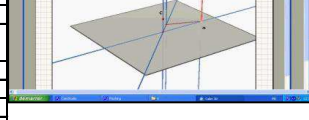
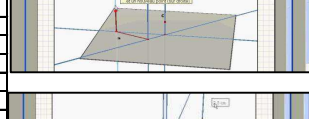
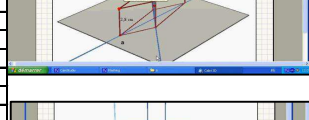
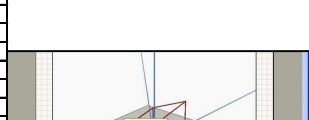
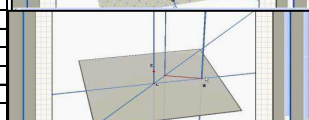
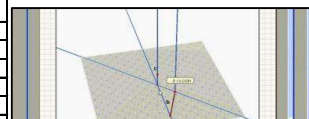
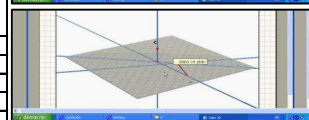
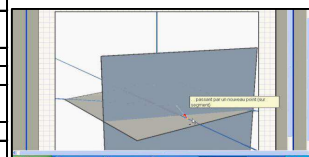
00:21:28.200 - 00:21:30.400	E2: Mais on s'en fout, on fera un autre plan après!		
00:21:30.560 - 00:21:32.680	E1: Mais non, ça sert à rien.		
00:21:33.240 - 00:21:40.760	E2: Mais là c'est un truc à faire au hasard, ça sert à rien du tout! Tu pourras pas le faire droit, si ton point il part vers le haut tu vas pas l'avoir droit!		
00:21:43.440 - 00:21:45.880	E1: Ca je vois pas à quoi ça sert...		
00:21:46.560 - 00:21:48.120	E2: Là, regarde.		
00:21:49.640 - 00:22:07.240	Actions E2: Construit un plan portant une "face" de la forme visée. Outil E2: Plan: par trois points		
00:22:08.680 - 00:22:16.960	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue		
00:22:15.760 - 00:22:17.840	E1: tu fais quoi, là?		
00:22:20.160 - 00:22:22.720	E2: Je sais pas, je cherche.		
00:22:23.040 - 00:22:23.520	E1: Hein?		
00:22:24.000 - 00:22:25.280	E2: Je sais pas, je cherche!		
00:22:25.960 - 00:22:27.760	E1: Ouais, tu fais n'importe quoi.		
00:22:42.720 - 00:23:00.320	Actions E2: Construit un plan portant une "face" de la forme visée. Outil E2: Plan: par trois points		
00:22:59.240 - 00:23:01.000	E1: Regarde, là bas ils ont réussi!		
00:23:39.000 - 00:23:50.480	Actions E1: Tente de construire une arête sur un des nouveaux plans. Outil E1: Segment: à partir de deux points		
00:24:07.680 - 00:24:19.160	Actions E1: Tente de construire une arête sur un des nouveaux plans. Outil E1: Segment: à partir de deux points		
00:24:37.520 - 00:24:44.400	Actions E2: Mesure la hauteur d'une arête sur le modèle. Outil E2: Distance: deux points		
00:24:41.280 - 00:24:49.960	E1: On n'aurait pas dû faire ça, en fait, pas des plans. Je sais ce qu'on aurait dû faire. Non, mais...		
00:24:48.200 - 00:24:50.400	E2: 3,6...		
00:24:48.680 - 00:24:57.560	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue		
00:24:50.680 - 00:24:52.560	E1: Moi je sais ce qu'on aurait dû faire.		
00:25:01.560 - 00:25:09.040	Actions E2: Cherche à construire un segment à la verticale de a, sur le plan construit. Outil E2: Segment: à partir de deux points		
00:25:09.720 - 00:25:17.720	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue		
00:25:23.760 - 00:25:26.320	Outil E2: Annule		
00:25:56.640 - 00:25:59.520	E1: Retire ces plans, ils servent à rien!		
00:25:59.520 - 00:26:00.720	E2: C'est ce que je fais!		
00:26:03.680 - 00:26:13.960	Actions E2: Supprime les plans.		
00:26:16.440 - 00:26:25.800	E1: En fait je sais, il faudrait aller là et faire des droites comme celle-là ici [(Oc)]. Par symétrie on peut le faire, représenter cette droite à partir de ce point là [b].		
00:26:42.200 - 00:26:46.720	Outil E1: Symétrie axiale		
00:26:45.600 - 00:26:52.080	E2: Non non, c'est symétrie centrale. Symétrie axiale, regarde, c'est "retourner", ça veut dire ça va pas être pareil!		
00:26:52.840 - 00:26:54.000	E1: Ouh lààà...		
00:26:54.920 - 00:27:05.240	E2: Symétrie axiale, là tu... ça, il va être comme ça! Symétrie axiale, c'est au lieu d'être comme ça en haut, eh ben là en haut il va être comme ça!		
00:27:15.080 - 00:27:40.040	Actions E1: Cherche à utiliser "symétrie centrale": sélectionne (Oc) et déplace le centre de symétrie sur le plan de base Choisit finalement le point b' précédemment construit. Outil E1: Symétrie centrale		
00:27:16.960 - 00:27:19.640	E1: Ben, symétrie centrale je vois pas le rapport...		
00:27:18.800 - 00:27:22.280	E2: Ouais, c'est pareil, attends. clique sur symétrie. Ah non, t'as raison.		
00:27:44.080 - 00:27:52.600	Actions E1: Observe le modèle. Outil E1: Manipulation: changement de point de vue		
00:27:44.800 - 00:27:46.320	E1: Ah, parfait!		
00:27:46.520 - 00:27:50.240	E2: Mais il faut que tu fasses pareil, là, pour que ça monte aussi.		
00:27:58.080 - 00:28:01.480	E1: Sauf qu'il faudrait que je trouve le point du milieu.		
00:28:01.480 - 00:28:03.280	E2: Tu le trouveras après!		
00:28:03.360 - 00:28:04.560	E1: Ben non!		
00:28:04.790 - 00:28:09.060	E2: Non mais c'est bon! Non mais je sais même pas pourquoi t'as enlevé les points, attends, vas-y on va faire retour...		
00:28:08.240 - 00:28:09.960	E1: Quels points j'ai enlevé?		
00:28:09.960 - 00:28:12.760	E2: Les points qui étaient là, ils étaient placés à égale distance, comme ça!		
00:28:12.820 - 00:28:13.660	E1: Ça servait à rien!		
00:28:13.660 - 00:28:22.500	E2: Mais si! Là le point il aurait... mais c'est toi qui les a fait tout à l'heure, mais le... au moins le plan il aurait été droit, c'était bon! Mais fais retour, la symétrie ça on sait le faire, on cliquera après dessus!		
00:28:14.360 - 00:28:44.600	Actions E1: de (Oc) par rapport au milieu de [Oa], placé par ajustement. Outil E1: Symétrie centrale		
00:28:22.540 - 00:28:23.960	E1: Mais c'est le plus important!		
00:28:23.960 - 00:28:28.640	E2: Mais on va devoir re-mesurer, remettre les points...		
00:28:28.800 - 00:28:31.200	E1: Mais moi j'ai rien fait tout à l'heure, c'est toi qui a fait ça, alors.		
00:28:31.120 - 00:28:34.600	E2: Et quand t'as mis le plan? T'as cliqué sur les points!		
00:28:49.600 - 00:29:00.760	Actions E1: Tente de construire le symétrique de (Oc) par rapport au milieu de [Oa] placé perceptivement. Outil E1: Symétrie centrale		
00:28:57.000 - 00:29:01.800	E1: Mais pourquoi ça se... ça s'en va pas...		
00:29:01.120 - 00:29:05.200	Actions E1: Cherche à mesurer Oa Outil E1: Distance: deux points		
00:29:03.600 - 00:29:05.840	E1: Ça faisait combien ça, déjà, on avait dit?		
00:29:06.000 - 00:29:08.560	E2: Je sais plus, 3,6...		
00:29:07.040 - 00:29:09.560	Actions E1: Entre O et le milieu de [Oa] Outil E1: Distance: deux points		
00:29:14.960 - 00:29:21.360	Actions E1: Place perceptivement le milieu de [Oa] Outil E1: Point: sur objet		
00:29:16.960 - 00:29:17.000	E2: 2,2?		
00:29:18.800 - 00:29:19.600	E1: Oui.		
00:29:20.400 - 00:29:22.440	E2: C'est pas normal, ça ferait 4,4.		
00:29:25.080 - 00:29:27.800	Actions E1: Oa: 4,5 Outil E1: Distance: deux points		
00:29:27.760 - 00:29:29.120	E2: Mais mesure tout!		
00:29:28.440 - 00:29:30.720	Actions E1: entre O et le milieu de [Oa]: 2,0 Outil E1: Distance: deux points		
00:29:31.560 - 00:29:34.560	E1: Ca ça doit faire... ah oui, voilà.		
00:29:34.360 - 00:29:38.720	Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet		
00:29:42.920 - 00:29:45.520	E2: Mais pourquoi t'as mis des points, là, ils nous servent à quoi?		
00:29:46.120 - 00:29:54.120	Actions E1: entre O et le milieu de [Oa]: 2,2 Outil E1: Distance: deux points		
00:29:56.360 - 00:30:03.000	Actions E1: de (Oc) par rapport au milieu de [Oa] Outil E1: Symétrie centrale		
00:30:10.080 - 00:30:17.840	E2: Faut en faire une là aussi. Non, si si, il faut en faire une là! Mais regarde, tu vois pas que...		
00:30:19.480 - 00:30:27.280	Actions E1: Cherche à construire la droite verticale par b', par symétrie Outil E1: Symétrie centrale		
00:30:22.720 - 00:30:25.440	E2: T'as vu qu'on n'en était qu'à la première figure...		
00:30:28.920 - 00:30:30.960	E2: Fais ctrl-Z		
00:30:30.400 - 00:30:31.880	Actions E1: Annule la verticale par a' Outil E1: Annule		
00:30:34.520 - 00:30:39.440	E2: Fais le truc qu'il a fait, fais édition. Fais 'édition, refaire'!		
00:30:37.960 - 00:30:42.480	Actions E1: de (Oc), par le milieu de [Oa] Outil E1: Symétrie centrale		
00:30:39.360 - 00:30:41.480	E1: Non mais c'est bon, je peux le refaire en deux secondes!		
00:30:41.880 - 00:30:44.960	E2: [sifflement admiratif] ouh là là!		
00:30:45.440 - 00:31:01.840	Actions E1: de (Oc), par le milieu de [Ob] (construit à la volée, ajusté) Outil E1: Symétrie centrale		
00:31:03.240 - 00:31:20.160	Actions E1: Cherche à construire les arêtes verticales sur les droites: problème pour déterminer les hauteurs. Outil E1: Segment: à partir de deux points		
00:31:17.600 - 00:31:21.000	E2: Tu vois pourquoi ils étaient bon les points? Maintenant il faut aligner tout.		
00:31:32.040 - 00:31:34.800	Actions E1: OO: 3,6cm Ne finit pas la construction de la mesure, qu'il s'efface aussitôt. Outil E1: Distance: deux points		
00:31:33.200 - 00:31:35.600	E2: Faut que t'alignes tout, tout, tout!		
00:31:38.480 - 00:31:40.600	E1: 3,6...		
00:31:49.640 - 00:32:00.320	Actions E1: Cherche à mesurer la distance entre le point a et le pointeur posé sur la verticale semblant passer par a (mais n'étant pas définie comme telle) Outil E1: Distance: deux points		
00:32:01.400 - 00:32:07.600	Actions E1: Envisage de construire un nouveau point sur cette droite: renonce. Outil E1: Point: sur objet		
00:32:10.480 - 00:32:12.680	E1: Ah non, je suis bête.		
00:32:14.480 - 00:32:22.440	Actions E1: Outil perpendiculaire: survolle des objets, sans construire. Outil E1: Perpendiculaire: plan, à droite, par point		
00:32:23.600 - 00:32:27.000	Outil E1: Point: sur objet		
00:32:27.320 - 00:32:29.000	Outil E1: Point: sur objet		
00:32:29.160 - 00:32:30.840	Outil E1: Point: sur objet		
00:32:31.360 - 00:32:33.040	E2: Oui, place des points partout...		
00:32:31.920 - 00:32:36.120	Outil E1: Point: sur objet		
00:32:36.560 - 00:32:38.360	E2: Excuse moi, c'est 4,6?		

00:33:44.720 - 00:33:50.000	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:33:45.880 - 00:33:47.880	E1: Si, pour...
00:33:50.760 - 00:33:56.120	Actions E1: bb'' 3,5 Outil E1: Distance: deux points
00:33:58.400 - 00:34:06.800	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:34:08.200 - 00:34:12.760	Actions E1: bb'' 3,6 Outil E1: Distance: deux points
00:34:15.480 - 00:34:24.840	Actions E1: a'a'' 3,2 Outil E1: Distance: deux points
00:34:26.200 - 00:34:32.360	Actions E1: a'' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:34:33.920 - 00:34:38.600	Actions E1: a'a'' 3,7 Outil E1: Distance: deux points
00:34:35.960 - 00:34:36.800	E2: Un peu trop, là...
00:34:37.480 - 00:34:39.240	E1: Voilà, c'est bon.
00:34:39.320 - 00:34:40.360	E2: Il y avait 3,8, là.
00:34:41.400 - 00:34:43.080	E1: 3,7
00:34:43.240 - 00:34:45.280	Actions E1: a'' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:34:45.480 - 00:34:50.160	Actions E1: a'a'' 3,6 Outil E1: Distance: deux points
00:34:51.600 - 00:34:55.880	Actions E1: [a''b''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:34:58.320 - 00:35:06.320	Actions E1: [a''b'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:35:07.440 - 00:35:08.840	E2: Tu t'es trompé!
00:35:09.280 - 00:35:12.240	Actions E1: [b''a''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:35:12.720 - 00:35:17.080	Actions E1: [b''a'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:35:20.920 - 00:35:22.800	E1: Voilà!
00:35:22.760 - 00:35:27.640	E2: Faut que tu fasses tout! Hein! Il faut que tu fasses aussi celles-là!
00:35:26.520 - 00:35:28.080	E1: Quelles celles-là?
00:35:28.360 - 00:35:29.960	E2: Ben tu vois bien...
00:35:30.120 - 00:35:33.760	Actions E1: [bb''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:35:36.080 - 00:35:39.720	Actions E1: [b''b'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:35:44.480 - 00:35:49.160	Actions E1: [aa''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:35:49.960 - 00:35:56.080	Actions E1: [a'a''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:36:02.000 - 00:36:04.800	E2: Attends. Supprime tout!
00:36:05.080 - 00:36:07.160	E1: T'es sûr qu'il faut les supprimer?
00:36:07.200 - 00:36:08.760	E2: Oui, les droites faut pas les mettre.
00:36:14.480 - 00:36:18.440	E2: Monsieur? On enlève les traits de construction, ou pas?
00:36:18.360 - 00:36:19.760	Enseignant(e): Pardon?
00:36:19.480 - 00:36:20.760	E2: On enlève les traits de construction?
00:36:20.680 - 00:36:22.760	Enseignant(e): Non, non, c'est pas la peine.
00:36:23.360 - 00:36:26.920	E2: Enlève juste les points qu'on a mis.
00:36:26.600 - 00:36:59.160	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:36:37.400 - 00:36:40.760	E1: Tu vois, je t'avais dit que les plans ça servait à rien.
00:36:47.760 - 00:36:53.320	E2: à un autre groupe! Eh Ryan? Vous, vous avez fait avec un plan?
00:36:53.080 - 00:36:53.880	Généralités: Oui.
00:36:54.640 - 00:36:55.720	E2: C'était dur?
00:36:57.360 - 00:36:59.080	E1: Pour nous c'était plus simple comme ça.
00:36:59.120 - 00:37:03.000	E2: Oui mais fallait faire un... C'est galère les trucs de mesure!
00:37:03.120 - 00:37:05.880	E1: Avec le plan c'était encore plus galère!
00:37:05.880 - 00:37:09.880	E2: T'as vu ce que t'as fait, toi, on comprenait plus rien! Même le prof, il a fait: "Ouh là!"
00:37:06.280 - 00:37:09.280	Actions E2: Supprime le milieu de [Oa']; disparition de la verticale par a'
00:37:11.320 - 00:37:14.360	E1: Non non, supprime pas!
00:37:11.720 - 00:37:14.720	Actions E2: Supprime le milieu de [Ob']; disparition de la verticale par b'
00:37:14.680 - 00:37:17.680	E2: Mais les points, on s'en fout! Ça fait plus propre.
00:37:18.320 - 00:37:24.080	E1: Ben voilà, regarde ce que t'as supprimé! Arrête, arrête, tu fais n'importe quoi.
00:37:23.000 - 00:37:29.600	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:37:24.720 - 00:37:27.000	E1: T'as tout supprimé, là!
00:37:26.720 - 00:37:27.840	E2: Fais édition!
00:37:27.640 - 00:37:29.680	E1: Si tu supprimes ce point, ça nous supprime notre droite.
00:37:30.200 - 00:37:31.560	E2: J'ai supprimé quoi, là?
00:37:31.680 - 00:37:32.840	E1: Mais...
00:37:34.000 - 00:37:35.120	E2: Bah c'est bon!
00:37:36.200 - 00:37:40.520	E1: Si tu supprimes un point qui est relié à un autre...
00:37:40.960 - 00:37:43.720	E2: C'est lequel que j'ai supprimé?
00:37:43.680 - 00:37:44.760	E1: Fais édition!
00:37:45.080 - 00:37:47.320	E2: Comment... attends, comment la droite elle s'est enlevée?
00:37:47.760 - 00:37:50.400	E1: Bon, on va... C'est bon, je le refais!
00:37:50.640 - 00:37:52.880	E2: Attends, si si, mets annuler, mets annuler!
00:37:53.240 - 00:37:55.600	Outil E1: Annule
00:37:55.840 - 00:37:57.200	E2: Et, là, retape sur édition.
00:37:57.280 - 00:37:57.960	Actions E1: Rétablit
00:38:06.320 - 00:38:08.280	E1: Pfff.
00:38:08.560 - 00:38:10.640	E2: Mets "édition, refaire".
00:38:10.920 - 00:38:11.720	E1: Vas-y, je vais refaire.
00:38:14.560 - 00:38:17.080	E2: Clique sur "édition, refaire"!
00:38:15.320 - 00:38:22.680	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:38:16.480 - 00:38:18.720	E1: Mais t'as pas remarqué, il y a même pas "refaire"
00:38:23.720 - 00:38:26.160	E1: Pfff, il faut refaire tous les points...
00:38:25.440 - 00:38:26.960	E2: Allez, passe, je le fais.
00:38:28.760 - 00:38:34.440	Actions E2: Mauvaise construction: symétrique de (Oab) par rapport à O. Outil E2: Symétrie centrale
00:38:34.960 - 00:38:38.320	E1: Mais non, c'est pas ça, tu fais quoi, là?
00:38:39.520 - 00:38:42.880	E2: Je sais pas, je m'en fiche. Vas-y, c'est vite fait, c'est bon!
00:38:41.920 - 00:38:43.600	E1: Ben vas-y, tu fais comment?
00:38:43.600 - 00:38:45.160	E2: Je sais pas, je fais au hasard...
00:38:44.800 - 00:38:47.640	E1: Ben voilà, non mais fais pas, laisse moi faire.
00:38:46.920 - 00:38:48.440	E2: Mais c'est bon, ça va le faire, de toute façon!
00:38:48.080 - 00:38:50.520	E1: Ça sert à rien, laisse moi faire.
00:38:48.160 - 00:38:51.640	Actions E2: Milieu ajusté de [Oa'] Outil E2: Point: sur objet
00:38:49.840 - 00:38:52.520	E2: Faut que je fasse le bon point là, oui, je sais.
00:38:53.440 - 00:38:55.400	Actions E2: entre O et le milieu de [Oa']; 2,2 Outil E2: Distance: deux points
00:38:55.720 - 00:38:57.680	Actions E2: entre O et le milieu de [Oa']; 2,3 Outil E2: Distance: deux points
00:39:04.520 - 00:39:10.320	Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:39:11.920 - 00:39:13.880	Actions E2: entre O et le milieu de [Oa']; 2,3 Outil E2: Distance: deux points
00:39:12.920 - 00:39:14.840	E1: Encore...
00:39:16.760 - 00:39:22.280	Actions E2: Tente de construire le symétrique de (Oa); mauvaise manipulation. Outil E2: Symétrie centrale
00:39:22.920 - 00:39:25.400	E1: Sélectionne pas le point! La droite.
00:39:24.360 - 00:39:33.360	Actions E2: de (Oc) par rapport au milieu ajusté de [Oa']; affiche la construction mais ne la ne finit pas. Outil E2: Symétrie centrale
00:39:26.200 - 00:39:27.280	E2: Ah oui, celle-là.
00:39:29.720 - 00:39:33.840	E1: Sélectionne la droite, et hop. Non, pas ça, sur ça.
00:39:34.440 - 00:39:36.160	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:39:35.520 - 00:39:36.760	E1: ah mais non, c'est pas bon.
00:39:54.880 - 00:39:58.160	Généralités: intervention de l'enseignant: fin de la video.
00:40:06.080 - 00:40:18.160	E1: Notre figure elle était faite, en fait. Sauf qu'il y avait toutes les lignes de construction, il a voulu supprimer toutes les lignes de construction et ça supprimé notre figure.

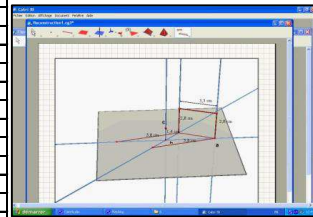
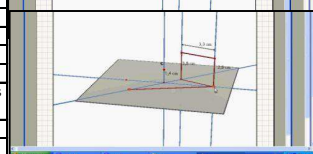
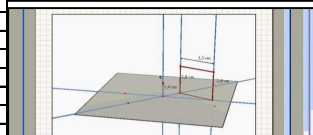
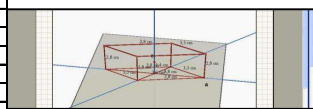
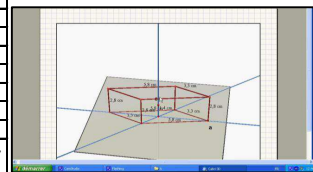
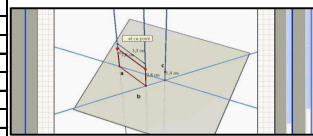
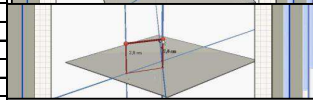
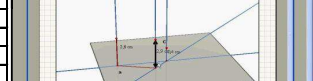
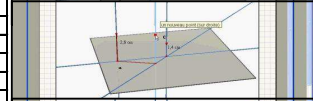
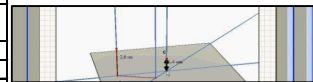


Reconstruction d'un prisme: deuxième groupe

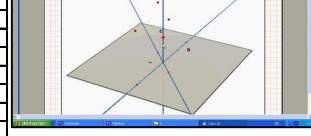
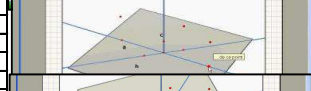
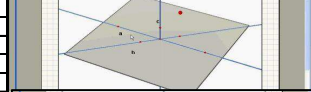
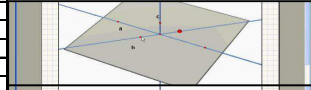
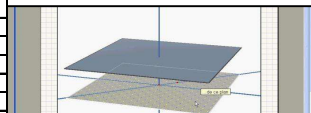
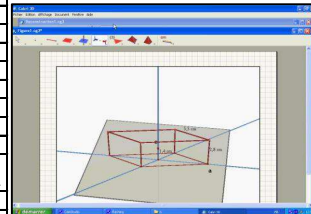
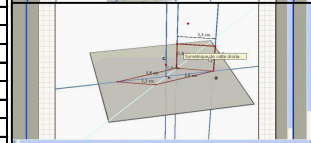
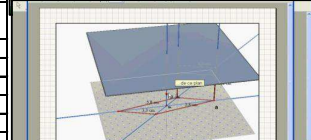
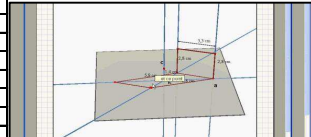
Temps	
00:00:02.400 - 00:00:03.080	Généralités: NB: E3 existe effectivement, même s'il intervient très peu. Il chante doucement dans le dictaphone pendant tout le reste de la séance.
00:03:30.400 - 00:03:33.280	Généralités: Fig. 1: parallélogramme
00:03:38.720 - 00:03:52.000	Enseignant(e): Dans le même dossier, vous avez le fichier "reconstruction", et donc là vous avez vos trois points a, b et c, et il faut se servir de ces trois points là pour construire la figure 1.
00:05:46.080 - 00:05:49.240	E1: J'aime pas quand il y a trop de trucs, là, c'est pas clair...
00:05:48.640 - 00:05:50.280	E2: C'est pas clair, ouais...
00:05:50.720 - 00:05:53.800	E1: Qu'est ce que tu fais?
00:08:21.880 - 00:08:46.640	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:09:08.920 - 00:09:13.240	E1: On a un rectangle-carré bizarre...
00:09:43.800 - 00:09:45.400	Généralités: Reconstruction
00:09:49.360 - 00:10:07.720	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:09:49.956 - 00:09:55.876	E1: Ok, alors: à partir de ces points, créer... Mais celui-là, fais-le plus gros.
00:10:09.680 - 00:10:16.960	E2: Alors là, déjà, une ligne. Segment, ce point...
00:10:09.680 - 00:10:16.960	Actions E2: [ab] Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:10:23.320 - 00:10:32.600	E2: Ensuite, donc là c'est ce segment. (repère [ab] sur le modèle) Ensuite on fait deux segments perpendiculaires...
00:10:39.480 - 00:10:50.640	Actions E2: Cherche à construire une perpendiculaire à [ab]: plan Outil E2: Perpendiculaire: plan, à droite, par point
00:10:52.120 - 00:10:54.200	E2: J'ai pas demandé un point, j'ai demandé une droite.
00:11:00.800 - 00:11:13.440	E2: Monsieur? Là, je demande... je veux une droite perpendiculaire à ce segment, mais quand je mets "perpendiculaire" on choisit pas la droite, donc ça me fait forcément un plan.
00:11:13.600 - 00:11:20.800	Enseignant(e): Oui, mais si t'appuies sur ctrl, il te... Oui, reste appuyé sur ctrl.
00:11:20.640 - 00:11:21.440	E2: Encore?
00:11:20.800 - 00:11:35.240	Actions E2: Cherche à construire une perpendiculaire à [ab] par a: problèmes de construction. Outil E2: Perpendiculaire: droite, à droite, par point
00:11:27.520 - 00:11:30.200	E1: Ça marche pas!
00:11:50.120 - 00:11:56.360	E2: Perpendiculaire à... ctrl... cette droite...
00:11:50.120 - 00:11:56.360	Actions E2: Nouvel essai: sélectionne b involontairement. Outil E2: Perpendiculaire: droite, à droite, par point
00:11:55.480 - 00:11:58.840	E1: Mais non, faut que tu...
00:11:58.080 - 00:12:03.680	E2: Passant par le point b... shift...
00:12:15.800 - 00:12:18.440	E1: Vas-y, laisse moi faire.
00:12:19.240 - 00:12:27.000	E1: Perpendiculaire à... ctrl. Sur le point... shift.
00:12:19.240 - 00:12:27.000	Actions E1: Essais de construction: construit la verticale par b Outil E1: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:12:27.960 - 00:12:37.160	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:12:37.360 - 00:12:39.920	E2: Et alors? Vas-y, refais.
00:12:41.720 - 00:12:51.120	Outil E1: Perpendiculaire: droite, à un plan, par point
00:12:54.760 - 00:13:14.080	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:14.760 - 00:13:16.280	Généralités: Fig.1
00:13:16.440 - 00:13:24.000	E1: Attention, nous avons donc... Là on a ça, ça et ça.
00:13:30.760 - 00:13:51.400	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:35.240 - 00:13:37.080	E2: Attends, bouge le plan.
00:13:58.640 - 00:13:58.680	Généralités: Reconstruction.
00:13:58.836 - 00:14:11.956	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:13:59.400 - 00:14:03.200	E1: Ok, alors on a trois droites.
00:14:03.636 - 00:14:05.396	E2: En fait [???]
00:14:05.796 - 00:14:09.596	E1: Là, et là, parce qu'il va se passer un truc.
00:14:09.596 - 00:14:11.596	E2: Ouais, parce que si t'es pas dans le plan, ça le fera pas.
00:14:25.040 - 00:14:27.160	Actions E1: Zoom.
00:14:28.756 - 00:14:32.476	E2: Ok! T'as fait quoi?
00:14:32.676 - 00:14:35.276	E1: J'ai zoomé, mais...
00:16:06.196 - 00:16:06.716	Généralités: Fig.1
00:16:12.516 - 00:16:12.836	Généralités: Reconstruction.
00:17:18.836 - 00:17:23.756	E1: Alors, à partir de là...
00:18:06.916 - 00:18:08.436	Généralités: Fig.1
00:18:17.036 - 00:18:19.756	E2: Comment tu connais al longueur?
00:18:17.676 - 00:18:26.396	Actions E1: Arête verticale par a Outil E1: Distance: deux points
00:18:19.676 - 00:18:25.716	E1: Et voilà, on va le voir bientôt, entre le point a et...
00:18:25.876 - 00:18:27.076	E2: 2,8cm.
00:18:28.516 - 00:18:29.116	Généralités: Reconstruction.
00:18:30.396 - 00:18:40.956	E1: 2,8 cm. Alors, je ferai un...
00:18:54.996 - 00:18:57.436	E1: Attends, segment...
00:18:56.120 - 00:19:42.720	Actions E1: [aa"] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:19:02.596 - 00:19:12.356	E1: ... et un nouveau point sur la droite, de coordonnées...
00:19:43.120 - 00:19:46.720	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:19:53.120 - 00:19:58.440	Actions E1: aa": 2.5 Outil E1: Longueur: d'un objet
00:20:08.840 - 00:20:39.160	Actions E1: Déplace l'indication numérique. Outil E1: Manipulation: déplacement
00:20:41.160 - 00:20:48.880	E1: Monsieur? Comment on fait pour choisir la longueur, parce que là je peux le déplacer mais je peux pas...
00:20:49.320 - 00:20:50.280	Enseignant(e): Qu'est ce que tu veux faire?
00:20:50.520 - 00:20:53.120	E1: Pour qu'il fasse 2,8
00:20:52.360 - 00:20:55.800	Enseignant(e): Bah il faut que tu bouges les points pour que ça fasse effectivement 2,8.
00:20:52.760 - 00:20:54.040	Actions E1: a": aa"=2,8 Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:20:55.920 - 00:20:57.320	E1: Ah ouil!
00:21:00.480 - 00:21:01.720	Généralités: FIG.1
00:21:01.560 - 00:21:11.840	Enseignant(e): Par contre, je vous montre un truc, c'est que là vous avez effectivement 2,8 [déplace c simultanément], mais si jamais vous bougez le point c, ça va pas rester forcément à 2,8.
00:21:09.880 - 00:21:11.040	Généralités: Reconstruction.
00:21:11.640 - 00:21:11.680	E1: Ah ouais...
00:21:12.360 - 00:21:14.840	E2: Faut construire d'abord le point c!
00:21:15.040 - 00:21:17.280	E1: Mais il y est déjà le point c! Regarde un peu...
00:21:18.000 - 00:21:23.920	E2: Ah, ben tu dois mettre des informations en plus pour que...
00:21:20.320 - 00:21:33.240	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:21:23.800 - 00:21:28.520	Enseignant(e): Ben il faut que... ouais, il faut que tu construises pour que ça...
00:21:28.560 - 00:21:39.560	E2: Ok, et il y a pas quelque chose qui existe, genre... euh, comme... attends regarde sur l'autre figure. Bon ben c'est pas grave. Merci.
00:21:33.280 - 00:21:34.360	Généralités: Fig.1
00:21:38.000 - 00:21:46.480	Actions E1: c: aa"=2,8 Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:21:40.000 - 00:21:45.400	E2: Regarde, là. Y a pas un truc qui dit que les deux ils sont reliés, tu vois?
00:21:46.080 - 00:21:47.640	Enseignant(e): Ah ouais, pas bête!
00:21:47.360 - 00:21:55.040	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:21:48.320 - 00:21:51.760	E2: Ben attends, tu me prends pour qui?
00:21:53.320 - 00:22:01.600	E1: Attends, mais ça... Il faut regarder la distance, attends, stop. Faut regarder la distance entre ce point [c] et ce point [O]
00:22:01.520 - 00:22:05.720	Actions E1: Oc: 1,4 Outil E1: Distance: deux points
00:22:09.680 - 00:22:14.200	E1: 1,4, donc c'est la moitié!
00:22:14.440 - 00:22:21.400	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet



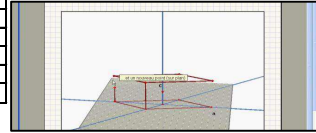
00:22:20.520 - 00:22:26.520	E2: Comment tu fais pour... genre quand tu bouges le point c, tous les autres ils bougent?
00:22:25.960 - 00:22:26.840	Généralités: Reconstruction.
00:22:27.440 - 00:22:34.440	Actions E1: Oc: 1,4 Outil E1: Distance: deux points
00:22:34.880 - 00:22:44.040	Actions E1: c: a'' ne bouge pas. Ramène c à une distance de 1,4 Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:22:48.120 - 00:22:53.680	Actions E1: b'' sur la verticale par b Outil E1: Point: sur objet
00:23:05.640 - 00:23:14.080	Actions E1: bb''=2,9 Outil E1: Distance: deux points
00:23:15.800 - 00:23:22.680	Actions E1: b''=2,8 Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:23:27.480 - 00:23:32.800	Actions E1: [bb''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:23:36.680 - 00:23:42.200	Actions E1: [a''b''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:23:43.040 - 00:23:51.080	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:23:51.920 - 00:23:57.480	E1: Attends, alors là... là ça devient chaud, là.
00:23:57.760 - 00:23:58.840	Généralités: Fig.1
00:23:58.120 - 00:24:06.160	Actions E1: c: Oc=1,4cm Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:24:00.280 - 00:24:03.040	E1: Parce qu'on sait [inaudible]
00:24:17.320 - 00:24:20.200	Actions E1: a''b''=3,3cm Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:24:20.640 - 00:24:22.600	E1: Ce segment...
00:24:22.800 - 00:24:24.240	Généralités: Reconstruction
00:24:24.280 - 00:24:25.200	E1: 3,3
00:24:44.080 - 00:24:50.080	Actions E1: a''b''=3,3 Outil E1: Distance: deux points
00:25:00.160 - 00:25:09.680	Actions E2: Déplace c: a'' et b'' ne bougent pas. Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:25:03.760 - 00:25:09.080	E2: Mais qu'est ce que tu m'as fait comme bordel?
00:25:12.080 - 00:25:13.560	E1: 1,4
00:25:14.760 - 00:25:21.520	E2: C'est pas relié, tu vois? On sent pas le, hum, il manque quelque chose...
00:25:23.000 - 00:25:25.840	E1: Faut que tu fasse un plan parallèle! Une droite parallèle...
00:25:25.800 - 00:25:27.560	E2: Ouais, c'est cool...
00:25:29.920 - 00:25:30.840	Généralités: Fig.1
00:25:31.080 - 00:25:39.440	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:25:40.320 - 00:25:43.840	E1: Il faut que tu fasses un plan, là, parallèle au plan...
00:25:43.600 - 00:25:44.680	E2: Moi aussi je t'aime...
00:25:44.800 - 00:26:14.640	E1: Vous entendez, j'ai tout compris, je vais vous expliquer. Le plan ab doit être parallèle au plan bc, donc... [fausses explications]
00:26:20.080 - 00:26:35.000	Actions E2: c Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:26:51.240 - 00:26:53.320	Actions E2: sur [bO] Outil E2: Point: sur objet
00:26:54.000 - 00:26:55.800	Actions E2: sur [aO] Outil E2: Point: sur objet
00:26:56.200 - 00:26:58.360	E2: Et un point quelconque sur cette droite...
00:27:02.720 - 00:27:06.800	E2: Ensuite il faut que la droite... attends. Il faut que la droite...
00:27:17.800 - 00:27:18.680	Généralités: Fig.1
00:27:19.520 - 00:27:32.840	Actions E2: Mesure tous les segments. Outil E2: Longueur: d'un objet
00:27:21.920 - 00:27:26.240	E2: alors, attends, là ça devient sérieux. On sait que la longueur...
00:27:44.800 - 00:27:49.640	Actions E2: [aa''] Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:27:50.720 - 00:27:52.080	Enseignant(e): Vous, ça fonctionne?
00:27:51.560 - 00:27:53.280	E2: Oui. Mais on n'arrive pas.
00:27:53.280 - 00:27:54.400	Enseignant(e): Vous arrivez pas à quoi.
00:27:54.680 - 00:28:00.360	E2: A correspondre les points ici et... mais d'abord, il faut construire d'abord la figure ou pas?
00:28:00.600 - 00:28:02.400	Enseignant(e): C'est-à-dire?
00:28:02.440 - 00:28:07.880	E2: Faut construire d'abord la figure et après mettre des propriétés qui fait que quand on augmente le point... Enseignant(e): Ben disons que quand tu les as définis, tu peux plus trop y toucher, quoi. Donc il faut que tu trouves un moyen, à la base, pour...
00:28:08.080 - 00:28:14.760	E2: Ah donc faut le faire d'abord, faut pas construire, d'abord.
00:28:15.360 - 00:28:22.160	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:28:18.000 - 00:28:21.280	Enseignant(e): Faut commencer par ça. Parce que là, si tu bouges les points a, ça donne quoi?
00:28:21.320 - 00:28:23.200	E2: Là, non mais là c'est pas notre figure!
00:28:23.720 - 00:28:24.600	Enseignant(e): D'accord!
00:28:25.600 - 00:28:28.200	E2: Ah! Et ça bouge, tout bouge?
00:28:28.280 - 00:28:31.040	E1: non mais ça bouge que ça, que les côtés opposés!
00:28:30.480 - 00:28:32.880	E2: Ah mince, mais ce qu'on a fait... Faut tout refaire, vas-y.
00:28:33.240 - 00:28:34.440	E1: C'était quoi tout à l'heure?
00:28:34.360 - 00:28:36.120	E2: Bah je sais pas, pourquoi t'as tout bougé?
00:28:37.200 - 00:28:46.960	Actions E1: Remet le prisme dans la configuration initiale. Outil E1: Annule
00:28:45.600 - 00:28:49.560	E2: C'était comme ça au début... 5,8, ah oui.
00:28:48.520 - 00:28:49.480	Généralités: Reconstruction.
00:28:50.360 - 00:29:01.400	E1: D'accord! alors ce segment mesure 2,8, ce segment mesure 3,3, ça c'est bon. Ensuite, il faut que le segment...
00:29:05.000 - 00:29:07.240	E2: Mais faut pas d'abord faire la figure...
00:29:06.920 - 00:29:11.320	E1: Attends attends, 5,8, 5,8, de là à là...
00:29:11.320 - 00:29:12.720	Actions E1: [ab''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:29:11.880 - 00:29:13.600	E2: Bah oui, mais une symétrie quoi?
00:29:13.800 - 00:29:15.480	E3: Centrale!
00:29:15.400 - 00:29:21.120	E2: C'est une symétrie centrale!! Bien sûr j'ai trop honte!
00:29:20.840 - 00:29:24.720	E1: Attends, et le point
00:29:21.000 - 00:29:24.160	Actions E1: ab' Outil E1: Longueur: d'un objet
00:29:23.000 - 00:29:25.280	E2: C'est une symétrie centrale qu'il faut faire sur la figure d'abord!
00:29:24.720 - 00:29:25.480	E1: Ah ouais?
00:29:25.280 - 00:29:32.840	E2: Ben ouï! C'est une symétrie centrale, du point c! C'est pour ça que quand tu bouges les points opposés, les points opposés bougent aussi!
00:29:25.760 - 00:29:31.480	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:29:32.000 - 00:29:38.360	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:29:34.840 - 00:29:36.800	E3: Heureusement que je suis dans ton groupe!
00:29:37.080 - 00:29:39.200	E1: 5,8. Ok, voilà!
00:29:47.960 - 00:29:54.320	Actions E1: [ba''] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:29:54.840 - 00:29:56.480	E1: Celui-là...
00:29:57.320 - 00:30:01.400	Actions E1: ba' 4,9 Outil E1: Longueur: d'un objet
00:30:01.880 - 00:30:06.160	Actions E1: a': ba'=5,8 Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:30:06.880 - 00:30:11.640	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:30:13.200 - 00:30:21.000	E1: 5,8cm Et voilà, et voilà! Et là on a les bases, voilà.
00:30:17.120 - 00:30:17.680	Généralités: Fig.1
00:30:21.440 - 00:30:23.000	E2: Faut que tu fasses la symétrie centrale!
00:30:23.120 - 00:30:25.560	E1: Mais comment tu fais une symétrie centrale?
00:30:25.920 - 00:30:27.360	E2: Mais parce que faut...
00:30:27.440 - 00:30:28.080	E3: Un truc avec un point...
00:30:28.480 - 00:30:30.040	E2: C'est un truc avec un point.
00:30:31.280 - 00:30:32.320	E1: Ça?
00:30:31.280 - 00:30:32.320	Actions E1: Sélectionne l'outil
00:30:32.400 - 00:30:34.880	E2: Euh, oui, ça, tu regardes: symétrie centrale
00:30:43.480 - 00:30:47.640	E2: Vas dans "reconstruction plan 1"
00:31:14.120 - 00:31:16.320	E2: C'est une symétrie centrale?
00:31:16.320 - 00:31:17.520	Enseignant(e): Si vous le dites...
00:31:16.760 - 00:31:17.960	Généralités: Reconstruction.
00:31:17.720 - 00:31:19.080	E2: Non, mais c'est une question.
00:31:19.200 - 00:31:21.480	Enseignant(e): Ben c'est... moi je vous crois!



00:31:25.200 - 00:31:29.320	E1: Symétrie centrale, par rapport à cette droite...
00:31:25.200 - 00:31:29.320	Actions E1: Tente d'utiliser "symétrie centrale"
00:31:29.640 - 00:31:31.880	E2: Mais non par rapport au point!
00:31:30.040 - 00:31:30.080	E3: Non non!
00:31:31.960 - 00:31:34.600	E1: Mais, il faut d'abord faire le...
00:31:35.160 - 00:31:36.800	E2: J'en ai marre!
00:31:37.280 - 00:31:39.400	E1: Du point c, de cette droite.
00:31:39.280 - 00:31:42.440	E2: Mais non, on s'en fout de cette droite, c'est du point c!
00:31:42.400 - 00:31:44.040	E1: Tu m'as dit du point c...
00:31:43.560 - 00:31:46.480	E2: Eh, sincèrement, je vais péter un câble.
00:31:46.560 - 00:31:51.000	Actions E1: [a'b'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:31:48.680 - 00:31:55.160	E2: Parce que si tu cliques sur la droite, c'est une symétrie axiale!
00:31:53.440 - 00:31:56.880	Actions E1: a'b': 3,3 Outil E1: Longueur: d'un objet
00:31:57.800 - 00:32:01.480	E2: Bon allez, je te laisse faire parce que t'arrives pas, je vais t'expliquer, d'accord?
00:32:04.360 - 00:32:11.920	E1: 3,3 Parfait, c'est ce que j'avais prédit! Maintenant on va faire une droite...
00:32:12.200 - 00:32:23.480	E2: Pffff... Bon, tu me dis quand t'auras pas trouvé, hein, comme ça je vais le faire et on va y arriver... Parce que là, on avance pas!
00:32:13.640 - 00:32:29.840	Actions E1: Cherche à utiliser l'outil symétrie: étudie les réactions de l'environnement.
00:32:23.720 - 00:32:25.920	E3: Tu veux que je t'explique ce que c'est, comment ça marche?
00:32:30.400 - 00:32:39.320	Actions E2: Annule presque toutes les constructions. à l'aide de la commande clavier
00:32:39.160 - 00:32:43.680	E1: Mais purée, t'as tout supprimé!
00:32:45.520 - 00:32:51.320	Actions E1: Rétablit.
00:33:09.800 - 00:33:17.920	E2: Mais c'est parce qu'il faut tout recommencer! Refaire depuis le début toute une symétrie avec le point c!
00:33:22.160 - 00:33:23.760	Actions E2: Réinitialise
00:33:24.120 - 00:33:27.960	E2: Voilà, on a perdu 3/4 d'heure!
00:33:27.560 - 00:33:32.240	E1: Mais non mais supprime pas tout! Mais non, mais tout mon travail!
00:33:32.320 - 00:33:35.040	E2: Ben oui, mais comme c'est nul ton travail...
00:33:47.520 - 00:33:55.360	E2: Attends, laisse-moi faire... Voilà, avec... par rapport avec une symétrie... Voilà, symétrie centrale.
00:34:08.680 - 00:34:14.920	E2: Mais qu'est-ce qu'il me fait là, on n'a pas commencé. tu sais quoi, on va tout refaire. Voilà, depuis le début...
00:34:25.040 - 00:34:27.200	Enseignant(e): Ca va, vous êtes arrivés au bout du 1?
00:34:27.320 - 00:34:31.000	E2: Bah, on recommence depuis le début pour faire symétrie...
00:34:31.120 - 00:34:32.880	E1: Parce qu'il a tout supprimé...
00:34:33.560 - 00:34:36.280	Enseignant(e): Je vous laisse voir... A vous d'essayer.
00:34:37.200 - 00:34:44.640	E2: Si ça marche pas... Bon alors... T'es sûr que tu veux pas recommencer, parce que...
00:34:42.640 - 00:34:43.680	Généralités: Fig.1
00:34:43.720 - 00:34:44.600	Actions E2: Supprime toutes les mesures.
00:34:44.520 - 00:34:46.160	E1: C'est trop tard!
00:34:47.760 - 00:34:49.440	E2: attends.
00:34:51.240 - 00:34:55.040	E1: Mais pourquoi tu fais ça?
00:34:55.960 - 00:34:57.800	E2: Pour t'énervé.
00:34:56.080 - 00:35:00.600	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:35:01.440 - 00:35:09.520	E2: Attends, tu peux arrêter de tout toucher? C'est pas de ma faute si t'avais pas raison, mais maintenant laisse-moi travailler.
00:35:05.840 - 00:35:07.040	Généralités: reconstruction.
00:35:11.080 - 00:35:14.320	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:35:15.960 - 00:35:22.880	E2: Mais comment ça se fait que ce point b est décalé... Ah ben non, voilà.
00:35:23.760 - 00:35:34.560	Actions E2: hésite à tracer (ab) Outil E2: Droite: par deux points
00:35:35.920 - 00:35:38.400	E2: ah mais non, c'est pas une droite sur les points.
00:35:36.840 - 00:35:42.840	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:35:39.160 - 00:35:41.880	E1: On dirait que tu fais n'importe quoi...
00:35:43.440 - 00:35:47.880	Actions E2: [ab] Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:35:44.280 - 00:35:47.040	E2: On va voir qui c'est le meilleur!
00:35:47.440 - 00:35:53.720	E1: Le mec il fait exactement comme moi sauf qu'il a mis "symétrie centrale", voilà j'aurais pu le faire aussi.
00:35:53.280 - 00:35:54.440	E2: Ben vas-y, fais le!
00:35:54.280 - 00:35:56.040	E1: Ben vas-y, mais c'est trop tard de toute façon!
00:35:57.040 - 00:35:58.240	Outil E2: Annule
00:36:02.320 - 00:36:06.880	E2: Ah mais non, je suis trop bête!
00:36:03.760 - 00:36:12.960	Actions E2: Essais de symétries. Outil E2: Symétrie centrale
00:36:15.920 - 00:36:18.200	E2: Mais oui!
00:36:17.200 - 00:36:23.200	Actions E2: de a par rapport à O Outil E2: Symétrie centrale
00:36:18.360 - 00:36:20.280	E1: Mais non! Vas-y, je te laisse faire.
00:36:21.440 - 00:36:26.800	E2: J'ai compris! Tu fais... Si si, franchement j'ai compris, tu fais symétrie centrale du point a au point c.
00:36:26.680 - 00:36:29.760	Actions E2: de b par rapport à O Outil E2: Symétrie centrale
00:36:27.840 - 00:36:30.880	E1: Au point c, mais c'est par rapport au point c!
00:36:31.920 - 00:36:34.040	E2: Mais non, regarde, tu vas voir, tu vas comprendre.
00:36:35.480 - 00:36:37.400	E1: Oh mais oui!
00:36:35.880 - 00:36:40.960	Actions E2: de b, par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:36:36.680 - 00:36:39.160	E2: Tu comprends? C'est bon?
00:36:42.480 - 00:36:45.840	Actions E2: de a, par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:36:45.840 - 00:36:50.680	Actions E2: de a', par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:36:51.280 - 00:36:55.280	E2: Par rapport à ce point, parfait...
00:36:51.280 - 00:36:55.280	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:36:56.720 - 00:37:00.000	Actions E2: de b', par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:36:56.720 - 00:37:02.400	E2: Par rapport à ce point, sur ce point... Et par rapport à ce point plus ce point.
00:37:00.160 - 00:37:02.840	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:37:01.480 - 00:37:03.080	E1: Il t'en reste combien, là?
00:37:02.760 - 00:37:09.240	E2: Un. ce point à ce point. C'est parfait!
00:37:09.120 - 00:37:12.120	E1: Parfait! Maintenant on met tout!
00:37:10.120 - 00:37:15.760	Actions E2: c Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:37:10.960 - 00:37:17.200	E2: Non, maintenant on bouge le point c pour voir ce qu'il se passe!
00:37:17.080 - 00:37:17.840	E1: Ah ouais, bonne idée.
00:37:18.560 - 00:37:24.600	Actions E2: Cherche à bouger a' Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:37:24.800 - 00:37:27.080	E1: Et bouge le point, lui, là.
00:37:29.560 - 00:37:31.640	E2: Ca fait rien...
00:37:37.120 - 00:37:41.960	Actions E2: Ne parvient pas à bouger a' Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:37:46.000 - 00:37:48.160	E2: Si on bouge ce point...
00:37:47.320 - 00:37:54.560	Actions E2: a Outil E2: Manipulation: déplacement sur objet
00:37:51.680 - 00:37:54.120	E2: Déjà ce point il peut pas bouger.
00:37:58.320 - 00:38:01.560	E1: Et maintenant tu fais les segments!
00:38:02.520 - 00:38:07.040	E2: Non, parce qu'il faut qu'il y ait une symétrie, aussi, de ce point là par rapport à ce point là!
00:38:07.160 - 00:38:08.040	Généralités: Fig.1
00:38:13.080 - 00:38:16.400	E2: Attends, faut regarder un truc, attends. Je suis pas sûr d'un truc.
00:38:18.600 - 00:38:23.600	E2: [à l'enseignant] Oui, en fait on a trouvé, on a mis tous les points et là il faut tous les relier.
00:38:19.320 - 00:38:39.320	Actions E2: Cherche à déplacer les différents points du modèle.
00:38:24.160 - 00:38:25.120	Enseignant(e): D'accord!
00:38:25.000 - 00:38:26.320	E2: Par symétrie, en fait!
00:38:26.160 - 00:38:27.480	Enseignant(e): Ca m'a l'air très bien!
00:38:27.560 - 00:38:30.120	E2: Ouf! C'est la base, en fait.
00:38:31.040 - 00:38:34.520	E3: Les autres ils ont trouvé ça depuis 1/2h, mais c'est pas grave...
00:38:40.200 - 00:38:42.960	E2: Non mais une fois qu'on a compris, on va vite...

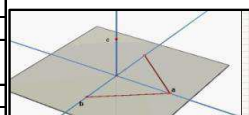
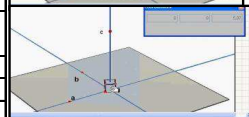
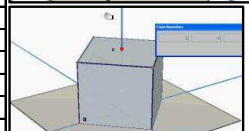
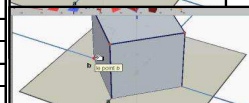
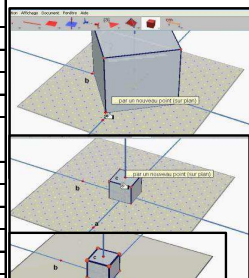
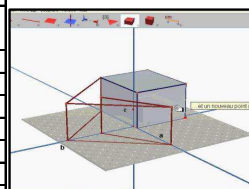


00:38:43.240 - 00:38:47.440	E1: Bon, arrête ça, tu relies les points et...
00:38:48.280 - 00:38:50.840	E2: Attends.
00:38:51.680 - 00:38:53.760	E1: Regarde ou est-ce qu'ils en sont, les autres!
00:39:01.520 - 00:39:03.400	Généralités: reconstruction.
00:39:16.800 - 00:40:25.880	Actions E2: [a'b'] , puis toutes les arêtes du prisme. Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:40:37.160 - 00:40:38.520	Généralités: Fin.

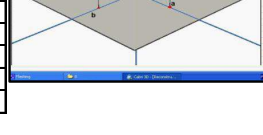
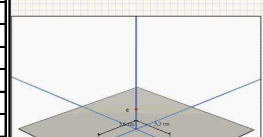
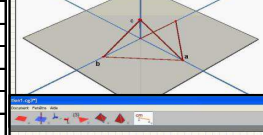
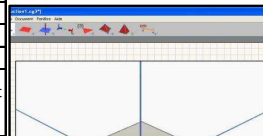
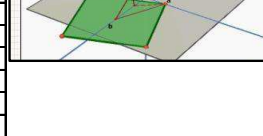
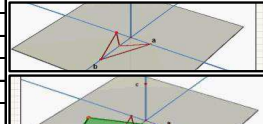
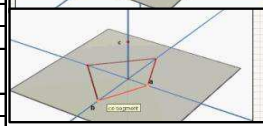
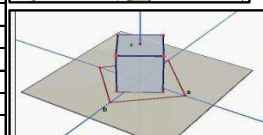
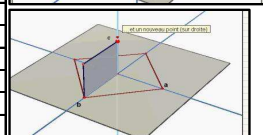
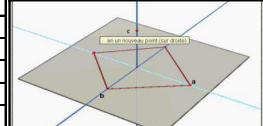
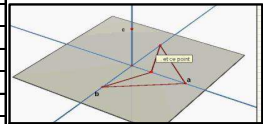


Reconstruction d'un prisme: troisième groupe

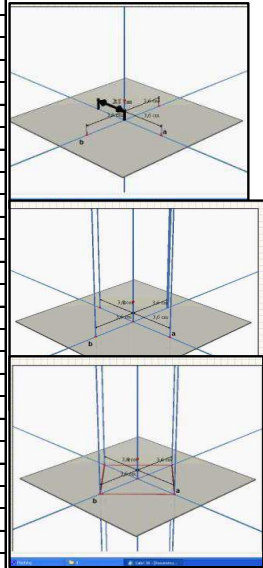
Temps	
00:02:04.240 - 00:02:24.320	Actions E1: Tente de déplacer les différents points du polyèdre Outil E1: Manipulation: déplacement
00:02:14.360 - 00:02:17.200	E1: Attends, mais ça bouge pas, il y a un problème!
00:02:24.480 - 00:02:29.440	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:02:29.880 - 00:02:42.200	Outil E1: Manipulation: déplacement
00:02:42.280 - 00:02:46.880	E1: Monsieur, comment on fait pour déplacer un point? Parce que là...
00:02:46.960 - 00:02:48.080	Généralités: [élève d'un groupe voisin] clique dessus...
00:02:48.120 - 00:02:51.160	Actions E1: Essaie de déplacer un point de la face supérieure: échec. Outil E1: Manipulation: déplacement
00:02:51.880 - 00:02:54.880	Généralités: T'es pas sur le point, je pense...
00:03:13.680 - 00:03:16.400	E1: Comment on fait pour bouger les points?
00:03:19.520 - 00:03:24.840	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:03:25.320 - 00:03:28.080	E1: Monsieur, comment on fait pour bouger les points?
00:03:28.080 - 00:03:33.760	Enseignant(e): Ben, vous pouvez pas tous les bouger, en fait! Les seuls que vous arriverez à bouger, c'est les points a, b et c.
00:03:33.920 - 00:03:35.400	E1: a, b et c?
00:03:35.440 - 00:03:37.880	Enseignant(e): Les autres vous allez pas réussir à les bouger.
00:03:38.360 - 00:03:42.040	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement
00:03:40.400 - 00:03:43.240	E1: Ah d'accord ok. Merci.
00:03:44.840 - 00:03:56.760	Actions E1: b Outil E1: Manipulation: déplacement
00:03:47.920 - 00:03:50.880	E2: Ben c'est un truc de fou, ça!
00:03:52.880 - 00:03:56.040	Enseignant(e): Vas-y, mais comment on va faire ça?
00:03:59.640 - 00:04:03.320	E2: Ben en fait le truc c'est de faire un truc pareil...
00:04:02.800 - 00:04:08.720	E1: Ben ouais! Mais on peut pas créer a, b et c, tu vois...
00:04:07.880 - 00:04:18.560	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement
00:04:11.840 - 00:04:17.440	E2: Voilà. Moi je suis d'accord pour ça, quoi.
00:04:27.360 - 00:05:06.600	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement
00:04:29.880 - 00:04:34.880	E2: Bon il faut qu'on se grouille, franchement on y va direct comme ça! Au pire c'est pas grave...
00:05:10.120 - 00:05:14.240	E1: Alors, comment devons nous faire?
00:05:27.320 - 00:05:35.920	Actions E1: Cherche à construire un cube.
00:05:37.440 - 00:06:02.000	Actions E1: Boîte XYZ
00:05:55.880 - 00:06:02.320	Enseignant(e): Je sais pas si c'était très clair ce que j'ai raconté, mais vous avez un fichier qui s'appelle "reconstruction" et où vous avez les points a, b et c qui sont déjà construits.
00:06:06.440 - 00:06:08.640	Généralités: Fichier "reconstruction"
00:06:09.160 - 00:06:12.720	E1: Ah oui d'accord, c'est encore plus dur qu'à la base!
00:06:20.680 - 00:06:27.240	Généralités: Les voisins parlent de symétrie.
00:06:30.240 - 00:06:33.840	E2: Il faut qu'on fasse par de la symétrie.
00:06:34.120 - 00:06:37.120	E1: Moi j'en sais rien... Mais pourquoi [inaudible]
00:06:37.120 - 00:06:38.840	E2: Mais pourquoi tu te prends la tête [inaudible]
00:06:38.880 - 00:06:41.200	E1: Parce que, il faut...
00:06:41.800 - 00:07:04.680	Actions E1: Cube centré en O, tel que le point c soit sur la face supérieure. Outil E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:06:54.000 - 00:06:54.760	E2: Tu prends le point a...
00:06:54.920 - 00:06:57.400	E1: Ouais mais il faut que ce soit en fonction du point c, quoi.
00:06:58.160 - 00:06:58.600	E2: Ah...
00:07:09.080 - 00:07:12.000	E2: Mais...
00:07:10.320 - 00:07:13.800	Actions E1: Cube centré en O, dont B est un sommet Outil E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:07:13.680 - 00:07:17.200	E2: Ah! Non non, mais c'est pas bon parce qu'il faut que ce soit en fonction du point c.
00:07:15.400 - 00:07:23.120	Actions E1: le point b Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:07:19.040 - 00:07:23.560	E1: Ah ben on peut bouger le point, et puis c'est bon, hein!
00:07:23.560 - 00:07:29.880	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:07:31.440 - 00:07:36.240	E2: Mais il faut... Mets le point c...
00:07:32.960 - 00:07:35.480	Actions E1: déplace le point c sur la face supérieure Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:07:40.120 - 00:07:45.120	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:07:41.480 - 00:07:46.120	E1: Il est dedans, l'autre cube! Comment on fait?
00:07:45.280 - 00:07:51.360	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:07:47.320 - 00:07:51.360	E2: Ben bouge c. En dessous. C'est bon!
00:07:51.720 - 00:07:52.600	E1: Voilà!
00:07:52.720 - 00:07:58.360	Actions E1: Déplacement d'un sommet du cube: a, b et c ne sont plus dessus.
00:07:54.120 - 00:07:57.880	E2: Et si on bouge, eh ben ça va... faire...
00:08:10.960 - 00:08:14.760	Généralités: Ferme le fichier par erreur.
00:08:25.440 - 00:08:27.080	Généralités: Ouvrent le modèle.
00:08:34.520 - 00:08:49.920	Actions E1: Désigne alternativement les segments et points
00:08:34.560 - 00:08:44.160	E2: En fait il faut qu'on fasse ça, ça... Il faut qu'on fasse, les deux là [b et c] il faut qu'ils se rejoignent
00:08:44.240 - 00:08:50.720	E1: Mais non! Le point c il est là! [E1 le confondait avec a']
00:08:50.840 - 00:08:51.880	E2: Ouais...
00:08:51.880 - 00:08:55.000	E1: Ca veut dire qu'il faut qu'on fasse un plan qui passe par le point c...
00:08:55.120 - 00:08:57.280	E2: Je sais pas, moi, il me saoule...
00:09:18.200 - 00:09:19.480	Généralités: Reconstruction: réinitialisent
00:09:39.720 - 00:09:48.120	E1: Alors... il faut en fait...
00:09:52.480 - 00:10:00.400	Actions E1: [ab] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:10:00.800 - 00:10:03.080	E2: Ah ouais...
00:10:06.160 - 00:10:11.880	Actions E1: segment joignant a et un point sur (Ob) Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:10:18.640 - 00:10:56.520	Actions E1: Segment joignant b et le milieu perceptif de [Oa] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:10:59.100 - 00:11:09.000	Actions E1: dernière arête du cerf-volant Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:11:09.800 - 00:11:15.400	E1: Eh ouais mais c'est n'importe quoi ce que je fais, là!



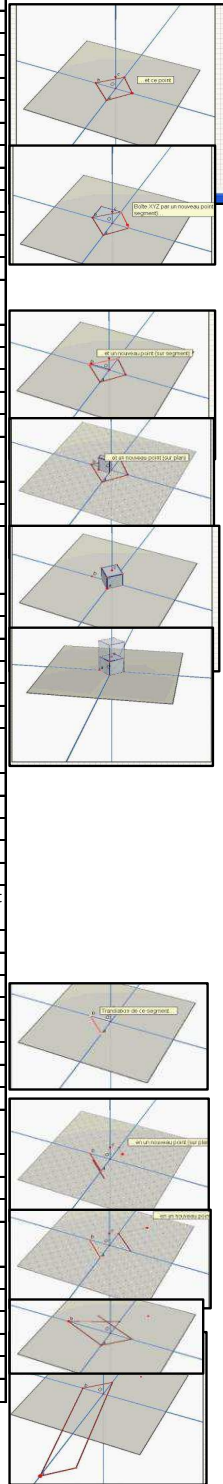
00:11:16.400 - 00:11:27.800	Actions E1: Redéfinition pour transformer le "milieu" de [OA] en symétrique de a par rapport à O Outil E1: Redéfinition	
00:11:23.700 - 00:11:28.400	E1: Comment on sait si ça fait un carré, là?	
00:11:26.500 - 00:11:31.000	E2: Ben je sais pas, il se débrouille!	
00:11:27.800 - 00:11:36.600	Actions E1: Change la place du point b Outil E1: Redéfinition	
00:11:36.600 - 00:11:44.500	Actions E1: a Outil E1: Redéfinition	
00:11:41.000 - 00:11:47.500	E2: Non mais là tu vois bien que ça fait un truc louche...	
00:11:45.600 - 00:11:48.300	E1: Ouais mais voilà, on va dire...	
00:11:48.600 - 00:11:52.900	Actions E1: b Outil E1: Redéfinition	
00:11:53.800 - 00:11:59.000	E1: Ok attends. Boite...	
00:11:55.400 - 00:12:09.300	Actions E1: s'appuyant sur b Outil E1: Boite XYZ	
00:12:14.300 - 00:12:21.900	E2: Je comprends pas ce que tu veux faire, là...	
00:12:23.500 - 00:12:28.600	Outil E1: Annule	
00:12:30.900 - 00:12:38.200	Actions E1: a' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:12:39.500 - 00:12:45.500	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:12:50.900 - 00:13:40.100	Actions E1: Cube centré en O Outil E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet	
00:13:29.400 - 00:13:35.700	E2: Ah!	
00:13:54.400 - 00:13:59.300	Actions E1: Déplace le point b au niveau du cube. Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:14:02.660 - 00:14:06.280	Outil E1: Annule	
00:14:05.220 - 00:14:08.740	E1: Mais, vraiment j'arrive pas, qu'il C'est un truc de fou, ça!	
00:14:08.460 - 00:14:10.240	Actions E1: Supprime le cube Outil E1: Annule	
00:14:11.120 - 00:14:13.860	E2: Mais c'était bien, ça, non?	
00:14:12.360 - 00:14:18.540	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:14:18.720 - 00:14:23.960	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:14:24.360 - 00:14:27.120	Actions E1: a': fait une forme de flèche Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:14:27.620 - 00:14:46.660	Actions E1: Cherche à construire un carré passant par les points b et a': échec	
00:14:47.100 - 00:14:50.080	E1: C'est pas bon.	
00:14:56.060 - 00:15:04.580	Actions E1: Carré dans le plan de base, centré en b, dont un sommet est a Outil E1: polygone régulier: dans plan, centre, sommet	
00:15:05.360 - 00:15:10.120	Outil E1: Annule	
00:15:23.800 - 00:15:24.580	Généralités: Réinitialise	
00:15:28.360 - 00:15:31.980	E1: Bon, ok! Disons que nous sommes...	
00:15:39.020 - 00:15:42.860	E1: On trouve rien...	
00:15:44.460 - 00:15:47.920	Généralités: parlent à un autre groupe. "nous c'est... faut faire des symétriques..."	
00:15:46.780 - 00:15:49.220	E1: Et comment, avec trois points comme ça, tu fais une symétrie?	
00:15:55.180 - 00:15:59.840	Généralités: montre le modèle: "ah ben vous elle est compliquée"...	
00:16:00.660 - 00:16:01.920	E1: Ah, vous c'est pas ça?	
00:16:02.420 - 00:16:03.820	Généralités: Non non, c'est différent pour chacun, je crois.	
00:16:03.880 - 00:16:05.480	E1: C'est injuste!	
00:16:17.960 - 00:16:30.320	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:16:20.240 - 00:16:24.660	E1: Donc... disons que nous avons une figure que nous ne comprenons pas.	
00:17:27.600 - 00:17:29.800	Généralités: Fig.3	
00:17:29.300 - 00:17:31.680	E2: Elle est encore plus dure!	
00:17:47.060 - 00:17:47.080	Généralités: Fig.2	
00:17:47.220 - 00:17:47.740	E2: C'est une blague?	
00:17:52.980 - 00:17:55.040	E1: T'as vu, ils en font deux?	
00:17:53.080 - 00:18:02.220	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:17:55.360 - 00:17:56.880	E2: Déjà qu'on n'arrive pas à un...	
00:18:13.500 - 00:18:17.540	E2: En fait il faut faire une ligne de construction [inaudible]	
00:18:26.760 - 00:18:28.140	Généralités: Fig.1	
00:18:34.240 - 00:18:35.200	Généralités: Figure de reconstruction 1	
00:18:53.040 - 00:18:53.600	E1: Alors...	
00:18:53.920 - 00:19:04.100	Actions E1: [ab] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:19:02.900 - 00:19:05.540	E2: Mais ça sert à rien, on a déjà essayé ça!	
00:19:26.360 - 00:19:28.660	Actions E1: [ac] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:19:27.160 - 00:19:27.900	E1: Oh oh...	
00:19:34.160 - 00:19:37.040	Actions E1: [bc] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:20:08.760 - 00:20:16.900	Actions E1: entre O et la position approximative du symétrique de b Outil E1: Segment: deux points à la volée	
00:20:18.180 - 00:20:21.760	Actions E1: [ab'] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:20:22.500 - 00:20:26.840	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement	
00:21:05.080 - 00:21:11.240	E2: Eh! Et si on faisait comme ça, direct un triangle, et après...	
00:21:11.320 - 00:21:13.600	E1: Mais moi c'est pas un triangle que je veux!	
00:21:13.600 - 00:21:27.400	E2: Oui, non mais maintenant... attends... Ah oui c'est ça! Regarde, si tu fais plein de triangles comme ça, et après t'auras... tu fais des triangles dans l'autre sens. ou tu mets une plaque au dessus.	
00:21:23.560 - 00:21:25.320	Généralités: Réinitialise	
00:21:27.400 - 00:21:29.120	E1: [sarcastique] oui oui t'as raison!	
00:21:30.800 - 00:21:38.640	E1: Alors attends... il faut qu'on prenne des points, voilà, on va mettre 5cm.	
00:21:37.600 - 00:21:43.480	E2: [à un autre groupe] Eh vous en êtes à quel figure, là?	
00:21:39.280 - 00:21:43.880	Actions E1: de b à (Oc) Outil E1: Distance: point, droite	
00:21:41.960 - 00:21:44.160	E3: à la trois.	
00:21:45.600 - 00:21:47.960	E2: Pas possible. comment vous avez tracé?	
00:21:46.480 - 00:21:49.360	Actions E1: oa Outil E1: Distance: deux points	
00:21:49.640 - 00:21:55.800	Actions E1: a Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:21:50.400 - 00:21:56.360	E2: [à E1] non, là il faut que tu mettes 3.6! Encore... Voilà!	
00:22:13.680 - 00:22:17.040	Actions E1: Point b' sur (Ob) Outil E1: Point: sur objet	
00:22:17.760 - 00:22:26.200	Actions E1: ob' Outil E1: Distance: deux points	
00:22:26.640 - 00:22:28.680	E2: Ca sert à quoi, là, ce que tu fais?	
00:22:27.200 - 00:22:31.280	Actions E1: b' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:22:32.080 - 00:22:38.520	Actions E1: point a' sur (Oa) Outil E1: Point: sur objet	
00:22:39.480 - 00:22:42.720	Actions E1: Oa' Outil E1: Distance: deux points	
00:22:43.320 - 00:22:50.600	Actions E1: a' Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	



00:22:50.360 - 00:22:59.280	E2: Encore, encore un peu... 3.6cm, c'est bon! Et le point c? Ton point c il est là!
00:22:58.760 - 00:23:01.040	E1: Oui , ben oui bien sûr, j'y arrive!
00:23:14.080 - 00:23:20.400	Actions E1: à (oc), par a Outil E1: Parallèle: à droite, par point
00:23:17.920 - 00:23:26.840	E2: Pourquoi? Je comprends pas pourquoi tu fais ça...
00:23:26.800 - 00:23:27.760	E1: Tu verras!
00:23:34.040 - 00:23:40.120	Actions E1: à (oc), par b Outil E1: Parallèle: à droite, par point
00:23:46.720 - 00:23:52.480	Actions E1: à (oc), par a' Outil E1: Parallèle: à droite, par point
00:23:52.680 - 00:23:56.280	E2: [inaudible]
00:23:56.080 - 00:24:01.880	Actions E1: à (oc), par b' Outil E1: Parallèle: à droite, par point
00:24:02.802 - 00:24:04.412	E1: Je fais un cube, là.
00:24:13.360 - 00:24:16.500	Actions E1: [ab] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:24:18.200 - 00:24:22.020	Actions E1: [ab'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:24:23.460 - 00:24:27.840	Actions E1: [a'b'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:24:29.680 - 00:24:34.080	Actions E1: [a'b] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:24:36.740 - 00:24:49.420	Actions E1: Masque les mesures de longueur
00:25:03.840 - 00:25:05.820	Outil E1: Annule
00:25:07.300 - 00:25:10.660	Actions E1: Masque la mesure de longueur.
00:25:11.800 - 00:25:15.160	Actions E1: Masque la mesure de longueur.
00:25:21.900 - 00:25:25.260	Actions E1: Masque la mesure de longueur.
00:25:32.000 - 00:25:33.160	Enseignant(e): Et vous ça fonctionne?
00:25:33.180 - 00:25:33.380	E1: Non.
00:25:33.420 - 00:25:33.680	E2: Non.
00:25:33.620 - 00:25:35.920	E1: Enfin, oui ça fonctionne très bien, mais on n'y arrive pas.
00:25:36.360 - 00:25:38.080	Enseignant(e): Qu'est ce qui vous pose problème?
00:25:38.080 - 00:25:43.260	E1: Ben en fait... Moi je suis en train de faire un cube, là, mais je sais pas qu'est ce que je fais!
00:25:43.440 - 00:25:44.680	Enseignant(e): Comment ça un cube?
00:25:45.420 - 00:25:47.800	Généralités: [autre groupe] Faut que tu fasses la même chose que ton modèle!
00:25:47.840 - 00:25:49.660	E1: Ben oui, d'accord, mais comment je fais?
00:25:49.980 - 00:25:54.840	Enseignant(e): C'est ça le problème! Et comment vous avez essayé de faire jusqu'à présent?
00:25:54.960 - 00:25:56.720	E1: Beeen... On a tout fait!
00:25:56.760 - 00:25:57.760	Enseignant(e): C'est-à-dire?
00:25:57.840 - 00:26:01.080	E1: Euh, ben on a tout fait...
00:26:01.120 - 00:26:04.240	E2: Je ne sais pas, moi, on a tout utilisé, on n'a pas trouvé.
00:26:05.720 - 00:26:08.240	Enseignant(e): Qu'est ce que vous avez essayé de faire?
00:26:08.400 - 00:26:24.880	E1: Ben on a essayé de faire des plans, on a essayé de faire de la symétrie - on n'a pas réussi -, on a essayé de faire une forme, avec ça avec ça on n'a rien réussi, avec les centimètres on a utilisé mais ça a pas marché, enfin plein de trucs on n'a pas réussi.
00:26:28.400 - 00:26:39.880	Enseignant(e): Et c'est laquelle votre figure? [inaudible] Ca pose pas de problème que vous réussissiez pas, ce que je veux savoir c'est si vous avez pas réussi parce que ça marchait pas à la base, ou parce que vous avez pas réussi à utiliser... C'est laquelle, c'est celle avec...
00:26:40.560 - 00:26:42.600	Généralités: Fig. 1
00:26:43.560 - 00:26:57.240	Enseignant(e): D'accord. Alors ce que je vous propose... Parce que, effectivement, vous avez hérité de la plus dure. C'est de travailler là dessus. [prisme rhombique]
00:26:56.400 - 00:26:57.840	Généralités: Fig.1 rhombique
00:26:58.014 - 00:26:58.544	E1: Aaah!
00:26:58.464 - 00:26:58.764	E2: Ooooh!
00:26:59.004 - 00:27:07.374	Enseignant(e): Vous allez travailler là dessus, et puis après quand vous aurez réussi à faire ça les autres vous paraîtront pas forcément plus durs que ça... Mais c'est vrai que c'est la plus dure des trois.
00:27:37.800 - 00:27:38.600	Généralités: Reconstruction1
00:27:46.560 - 00:27:48.840	E2: En fait il faut juste refaire la figure?
00:27:49.980 - 00:27:52.260	E1: Ah, mais on est bêtes!
00:27:51.720 - 00:27:52.300	E2: Bah oui!
00:27:53.560 - 00:27:55.440	E1: Moi je croyais qu'à chaque fois il fallait faire un cube!
00:27:56.740 - 00:27:59.880	E2: Ben non, c'est toi qui est bête, moi j'ai tout de suite compris...
00:27:59.700 - 00:28:03.920	E1: Ben t'aurais dû me le dire alors! Moi je croyais qu'au départ il fallait faire un cube! Ben vas-y, fais le!
00:28:18.520 - 00:28:19.080	Généralités: Fig.1 rhombique
00:28:18.960 - 00:28:19.680	E1: Attends je veux revoir la figure.
00:28:26.720 - 00:28:33.780	E1: Alors... a, b, c... et c'est quoi, là?
00:28:26.780 - 00:28:33.840	Actions E1: survolle les différents constituants du dessin.
00:28:33.900 - 00:28:37.140	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:28:36.560 - 00:28:40.940	E1: ah... O! O c'est ça.
00:28:41.700 - 00:28:42.380	Généralités: reconstruction1
00:28:47.100 - 00:28:52.440	Actions E1: (ab) Outil E1: Droite: par deux points
00:28:55.440 - 00:29:00.560	Actions E1: [bc] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:29:01.200 - 00:29:02.640	E1: Je sais pas ce que je fais, hein...
00:29:01.720 - 00:29:03.520	Actions E1: [oa] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:29:02.640 - 00:29:04.080	E2: Ben j'ai vu...
00:29:04.280 - 00:29:06.960	Actions E1: [ab] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:29:08.360 - 00:29:11.480	Actions E1: [oc]
00:29:11.000 - 00:29:12.960	E1: C'est ça, non?
00:29:13.360 - 00:29:14.800	E2: Ben je sais pas, demande...
00:29:18.520 - 00:29:20.600	Généralités: Fig. 1 rhombique
00:29:20.680 - 00:29:23.920	E1: Non, mais regarde...
00:29:53.920 - 00:29:56.000	Généralités: reconstruction: réinitialise
00:30:08.360 - 00:30:17.680	Actions E1: [ab] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:30:10.800 - 00:30:14.120	Enseignant(e): Vous vous en sortez...?
00:30:14.160 - 00:30:16.720	E1: On essaie, on essaie...
00:30:18.720 - 00:30:27.200	Actions E1: entre b et le symétrique perceptif de a Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:30:28.680 - 00:30:37.160	Actions E1: entre a et le symétrique perceptif de b Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:30:39.200 - 00:30:43.160	Actions E1: [a'b'] Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:30:45.920 - 00:30:50.680	E2: Je comprends pas comment ils ont fait alors pour le mettre là haut, comme ça.

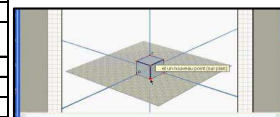
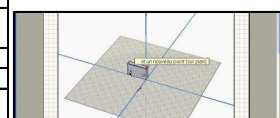
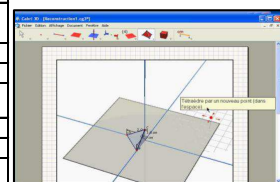
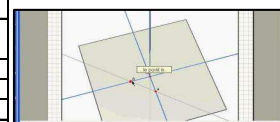


00:30:50.800 - 00:30:53.000	E1: Ben ils ont fait par rapport au...	
00:30:53.040 - 00:30:54.560	E2: Ah mais oui ils ont fait un truc comme ça!	
00:30:54.000 - 00:31:02.320	Actions E1: Parcours les menus.	
00:31:02.680 - 00:31:08.800	E1: Non, il faut faire avec ça! Regarde, une boîte...	
00:31:05.240 - 00:31:12.760	Actions E1: Cherche à construire le prisme: échec. Outil E1: Boîte XYZ	
00:31:13.240 - 00:31:16.600	Outil E1: Boîte XYZ	
00:31:13.280 - 00:31:15.280	E2: Tu fais quoi?	
00:31:15.400 - 00:31:17.000	E1: Je sais pas...	
00:31:17.040 - 00:31:18.480	E2: Ben ouais, moi non plus!	
00:31:17.200 - 00:31:18.480	Outil E1: Boîte XYZ	
00:31:19.040 - 00:31:20.480	Outil E1: Annule	
00:31:20.680 - 00:31:21.560	Outil E1: Annule	
00:31:22.000 - 00:31:35.000	Outil E1: Boîte XYZ	
00:31:35.800 - 00:31:53.360	Actions E1: Boîte xyz par le point c: étudie les réactions quand le second argument varie. N'achève pas la construction Outil E1: Boîte XYZ	
00:31:58.760 - 00:31:59.800	Généralités: Réinitialise	
00:32:00.000 - 00:32:05.840	E1: J'y arrive pas, je sais pas comment faire son truc!	
00:32:14.520 - 00:32:26.720	Actions E1: Cube, centré en O Outil E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet	
00:32:21.160 - 00:32:22.480	E1: Il manque deux points...	
00:32:26.680 - 00:32:28.720	E2: Ah, et là tu continues!	
00:32:28.920 - 00:32:31.440	Actions E1: Déplace le point a sur un sommet du cube. Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:32:32.320 - 00:32:36.320	Actions E1: b: même opération Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:32:41.120 - 00:32:47.400	E2: Il est plus haut le sien! Faut que tu montes un peu! Ah non, non, laisse...	
00:32:47.360 - 00:33:09.840	Enseignant(e): Alors si vous voulez, pout regarder ce à quoi vous devez arriver, vous allez lui dire de montrer les objets. Et normalement, vous devriez avoir... Là vous avez ce que vous devriez obtenir...	
00:33:10.800 - 00:33:14.200	E1: D'accord.	
00:33:14.800 - 00:33:17.720	Enseignant(e): Vous avez partiellement réussi, mais pas complètement.	
00:33:16.720 - 00:33:19.480	E1: Donc il faut monter le point c...	
00:33:20.120 - 00:33:25.920	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:33:24.520 - 00:33:26.240	E1: Ca marche pas.	
00:33:26.000 - 00:33:26.560	E2: si!	
00:33:27.000 - 00:33:42.240	Actions E1: Déplace le sommet du cube contrôlant sa construction. Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:33:38.920 - 00:33:42.680	E2: C'est surtout que le point a et b bougent pas avec.	
00:33:42.360 - 00:33:43.680	E1: Ouais, ben ouais!	
00:33:44.800 - 00:33:47.360	E2: Mais y a pas, regarde, tu peux pas...	
00:33:47.480 - 00:33:49.880	E1: Non non...	
00:33:53.000 - 00:33:55.080	E1: Bon je sais pas, tu sais quoi ça commence à me casser les pieds.	
00:35:53.560 - 00:36:03.000	E2: Moi je pense qu'il faut que tu... que les points a et b tu les remette comme ils étaient au départ, et c'est le cube que tu vas améliorer.	
00:36:08.600 - 00:36:11.800	E1: Je te jure, c'est incroyable que j'y arrive pas, ça m'énerve!	
00:36:15.480 - 00:36:15.960	Généralités: Réinitialise	
00:36:19.080 - 00:36:21.400	Actions E1: [ab] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:36:43.160 - 00:36:44.400	E1: y a pas les vecteurs?	
00:36:44.840 - 00:36:46.120	E2: Si, c'est dans l'autre.	
00:36:46.200 - 00:36:47.520	E1: Comment ça c'est dans l'autre?	
00:36:47.600 - 00:36:51.440	E2: Non, y a vecteur, la dernière fois on l'a utilisé!	
00:36:50.720 - 00:36:52.160	E1: Bah, translation!	
00:36:51.360 - 00:37:08.240	Actions E1: Translation de [ab] selon un vecteur construit à la volée, et ajusté, pour construire [a'b']	
00:37:12.560 - 00:37:19.640	Actions E1: [ba'] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:37:20.760 - 00:37:24.520	Actions E1: [ab'] Outil E1: Segment: à partir de deux points	
00:37:35.160 - 00:37:41.240	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:38:44.360 - 00:38:52.280	Actions E1: Déplace le point b: le dessin est "cassé" Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:38:51.240 - 00:38:52.880	E2: ah mince!	
00:38:53.680 - 00:38:56.080	E1: C'est pas le même point, là?	
00:38:56.560 - 00:38:57.680	E2: Bah non...	
00:39:00.400 - 00:39:14.800	Actions E1: Déplace b: réajuste le dessin. Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:39:15.440 - 00:39:26.920	Actions E1: Déplace a: b' ne reste pas sur l'axe Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:39:26.120 - 00:39:28.120	E1: T'as vu comme c'est changé?	

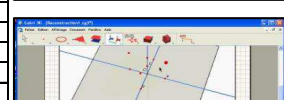
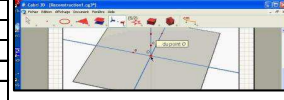
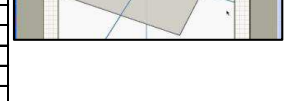
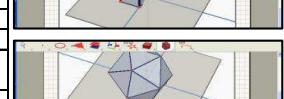
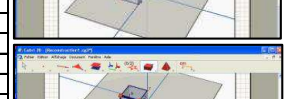
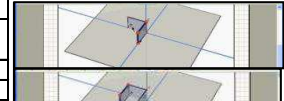
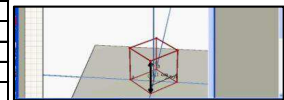
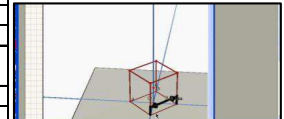
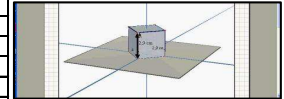
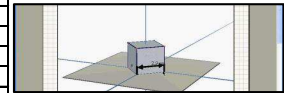


Reconstruction d'un prisme: quatrième groupe

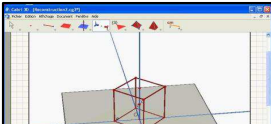
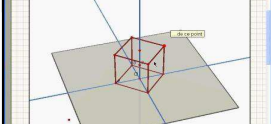
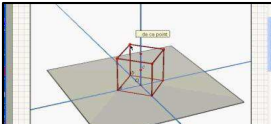
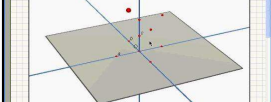
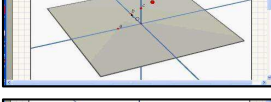
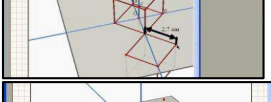
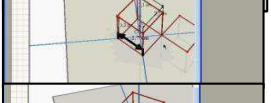
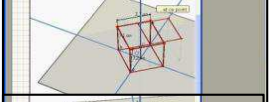
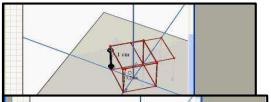
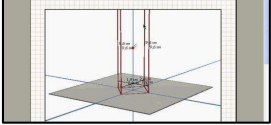
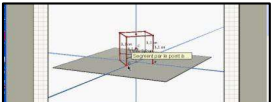
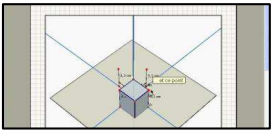
Temps	
00:02:00.511 - 00:02:00.951	Généralités: Reconstruction 1
00:02:00.991 - 00:02:02.981	E1: Et mince, je sais même pas quelle figure il faut faire...
00:02:03.700 - 00:02:04.940	E2: Ben un cube. [l'exemple proposé au tableau]
00:02:04.980 - 00:02:08.680	E1: Oui, ben pas forcément...
00:02:08.760 - 00:02:10.000	E2: Ben si.
00:02:11.800 - 00:03:04.480	Actions E1: Tente de construire un cube centré en O, dont a et b soient des sommets Outil E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:03:11.520 - 00:03:25.520	Actions E2: Droite par a, observe les réactions quand le second point varie Outil E2: Droite: par deux points
00:03:24.000 - 00:03:25.140	E1: Qu'est ce que tu fais?
00:03:27.000 - 00:03:29.700	E2: Je veux avoir les 4 coins. carré...
00:03:29.880 - 00:03:45.000	Actions E2: Tente d'utiliser l'outil "plan", représenté par une forme carrée. Outil E2: Plan: par trois points
00:04:01.080 - 00:04:02.040	E2: Comment on fait une perpendiculaire?
00:04:03.400 - 00:04:05.380	E1: Mais fais des segments...
00:04:11.960 - 00:04:24.120	Actions E2: Carré par a, autour de (O) Outil E2: polygone régulier: axe, point
00:04:15.800 - 00:04:16.880	E1: C'est le centre de la face...
00:04:29.120 - 00:04:34.640	E1: Et le cube il doit avoir ces trois points là sur les arêtes...
00:04:33.961 - 00:04:34.521	E2: Oui je sais...
00:04:35.240 - 00:04:39.400	Actions E2: Tente de construire un carré en sélectionnant a et b Outil E2: polygone régulier: dans plan, centre, sommet
00:04:38.720 - 00:04:41.680	E2: J'arrive pas à avoir le point b.
00:04:43.440 - 00:04:47.520	E1: Faut déjà le sélectionner!
00:04:47.400 - 00:04:58.160	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:05:00.520 - 00:05:02.240	Généralités: Réinitialise
00:05:16.720 - 00:05:20.360	Actions E2: Oc Outil E2: Distance: deux points
00:05:21.480 - 00:05:23.040	E2: 1.6...
00:05:23.040 - 00:05:27.040	E1: Fais les distances du point O au point b, et du point O au point...
00:05:26.320 - 00:05:30.720	E2: Ca sert à rien! Ouais, bon on va voir si c'est vraiment...
00:05:31.480 - 00:05:35.120	Actions E2: Ob: 2cm Outil E2: Distance: deux points
00:05:35.960 - 00:05:39.120	Actions E2: Oa: 1.9 Outil E2: Distance: deux points
00:05:39.240 - 00:05:48.640	E1: 1.9! C'est pas un cube, notre truc! Donc ça peut être une pyramide!
00:05:52.080 - 00:06:02.160	Actions E2: Sélectionne l'outil "prisme" de forme pyramidale, sélectionne O, a, b, c Outil E2: Prisme
00:05:53.200 - 00:05:56.440	E1: Mais on sait même pas si c'est...
00:05:57.080 - 00:05:58.960	E2: T'as posé un truc.
00:06:03.200 - 00:06:08.240	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:06:03.240 - 00:06:05.720	E2: Voilà! C'est bien là dessus.
00:06:05.720 - 00:06:08.920	E1: C'est bon monsieur, on a créé la première figure!
00:06:18.600 - 00:06:23.760	Enseignant(e): Alors, regardez, moi ce que je veux c'est que vous reconstruisiez à partir de cette figure là.
00:06:21.240 - 00:06:22.120	Généralités: Fig.1: prisme rhombique
00:06:23.960 - 00:06:25.960	E2: Ah, mince!
00:06:24.920 - 00:06:27.520	E1: On peut ouvrir deux pages Cabri3D?
00:06:58.600 - 00:07:01.320	E2: Ca fait un carré...
00:07:26.320 - 00:07:27.600	Généralités: Reconstruction
00:07:28.000 - 00:07:31.840	E2: Bon c'était pas une pyramide...
00:07:32.120 - 00:07:34.280	Généralités: Réinitialise
00:07:37.360 - 00:07:43.280	E2: C'était un rectangle. Rectangle...
00:07:44.920 - 00:07:52.840	E1: Ici! Non non, clique sur le truc rectangle! Boîte! Boîte XYZ!
00:07:54.440 - 00:09:28.360	Actions E2: Tente d'utiliser "boîte XYZ": échec Finalement, construction d'un pavé dont O, a et b semblent des sommets Outil E2: Boîte XYZ
00:08:05.200 - 00:08:09.680	E2: Ah c'est bizarre...
00:08:45.400 - 00:08:48.800	E1: Non, mais qu'est-ce que tu fais?
00:09:22.280 - 00:09:27.240	E1: Stop! [un pavé est affiché à l'écran, dont a et b semblent des sommets] Allez, je te dis, stop! Vas-y, clique!
00:09:43.960 - 00:09:44.360	Généralités: Fig. 1
00:10:19.360 - 00:10:21.520	Généralités: Reconstruction 1: réinitialise
00:10:25.040 - 00:10:49.120	Actions E2: Tente de construire un cube dont a et b sont des sommets. Outil E2: polygone régulier: dans plan, centre, sommet
00:11:53.120 - 00:12:07.760	Actions E2: Observe alternativement le modèle et la reconstruction.
00:12:34.120 - 00:12:34.600	Généralités: Fig.2
00:12:59.080 - 00:13:56.920	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:14:04.280 - 00:14:08.960	E1: Mais c'est quoi ces symétries de fou, là? [E1 ne s'intéressait plus au problème]
00:14:08.200 - 00:14:10.920	E2: C'est même pas un carré...
00:14:10.760 - 00:14:14.000	E1: Mais non c'est pas un carré, c'est un cube plutôt.
00:14:40.120 - 00:14:41.840	Généralités: Reconstruction 2
00:14:45.900 - 00:14:53.900	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:14:53.100 - 00:14:56.300	E1: Comment on fait pour zoomer?
00:14:56.500 - 00:14:59.800	E2: Je ne sais pas...
00:15:21.700 - 00:15:28.000	Actions E2: [ba] Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:15:34.900 - 00:15:37.800	E1: Tu y arrives?
00:15:50.100 - 00:15:52.900	Généralités: Cabri se ferme
00:16:37.000 - 00:16:41.200	E2: Donc on avait fait la figure 1...
00:16:41.500 - 00:16:51.400	E1: Non, on n'a pas fait la figure 1! Ca, on n'a toujours pas fait! Faut la refaire déjà, la figure/
00:16:41.900 - 00:16:43.000	Généralités: Fig.1
00:16:55.900 - 00:16:57.800	Généralités: Reconstruction 1
00:16:59.500 - 00:17:17.900	Actions E2: cube dont a et b semblent des sommets Outil E2: polygone régulier: dans plan, centre, sommet
00:17:00.100 - 00:17:02.400	E2: Reconstruction...
00:17:16.300 - 00:17:19.700	E2: Voilà! C'est bon!
00:17:22.500 - 00:17:35.204	E1: Fais voir? Comment t'as fait? Et c'est bon?
00:17:25.640 - 00:17:51.680	Outil E2: Manipulation: changement de point de vue
00:17:38.304 - 00:17:41.404	E1: et c, c'est le milieu?
00:17:40.404 - 00:17:41.704	E2: De quoi?


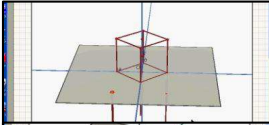
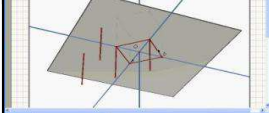
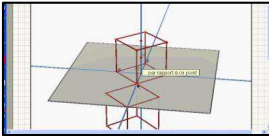


00:17:42.204 - 00:17:43.004	E1: C'est le centre au milieu?
00:17:42.640 - 00:17:42.920	E2: Ouais.
00:17:43.240 - 00:17:51.640	E1: Non, le c il est pas... Tu t'es gouré! Mesure le c et...
00:17:53.800 - 00:17:56.800	Actions E2: a'b' Outil E2: Distance: deux points
00:17:58.800 - 00:18:01.100	Actions E2: b'b'' Outil E2: Distance: deux points
00:18:02.300 - 00:18:04.600	E2: Non, regarde, 2,9.
00:18:05.300 - 00:18:09.100	E1: Non mais là il faut faire un cube, pas un carré!
00:18:08.500 - 00:18:09.900	Généralités: Fig.1.
00:18:09.500 - 00:18:12.800	E1: Comment on fait pour contrôler...
00:18:12.200 - 00:18:13.600	E2: Regarde!
00:18:13.200 - 00:18:14.900	E1: Comment on fait pour regarder les mesures?
00:18:15.080 - 00:18:19.600	Actions E2: a'b' Outil E2: Distance: deux points
00:18:20.040 - 00:18:21.520	E1: 2,8, déjà!
00:18:20.560 - 00:18:22.920	Actions E2: b'b'' Outil E2: Distance: deux points
00:18:21.640 - 00:18:24.240	E2: Ben moi si ils sont à 2,9, ils sont à 2,9...
00:18:23.640 - 00:18:26.400	E1: Et 3.1! C'est pas un cube!
00:18:26.480 - 00:18:27.320	E2: Il est plus haut...
00:18:27.520 - 00:18:29.800	E1: Tu tes gouré! Tu t'es gouré!
00:18:33.640 - 00:18:43.960	Enseignant(e): Je vais vous demander, une fois que vous aurez fini chaque étape, de m'écrire comment vous avez fait....
00:21:09.840 - 00:21:13.560	Actions E2: Tente d'utiliser "boite XYZ Outil E2: Boite XYZ
00:21:13.000 - 00:21:14.720	E2: Mince.
00:21:28.800 - 00:21:31.840	E1: Regarde, tu fais ça. Tu sais pas faire!
00:21:35.480 - 00:21:42.680	Actions E1: Tente d'utiliser boite XYZ en sélectionnant b et c Outil E1: Boite XYZ
00:21:42.840 - 00:21:46.280	E2: Eh ouï! 2e boite...
00:21:43.320 - 00:21:47.200	Actions E1: Même opération, a et c Outil E1: Boite XYZ
00:21:47.760 - 00:21:49.440	E2: Là t'as deux boîtes...
00:21:48.840 - 00:21:51.280	Actions E1: entre a et b Outil E1: Boite XYZ
00:21:52.080 - 00:21:55.200	Actions E1: Utilise l'outil pour construire des rectangles aux arêtes parallèles à deux axes du repère. Outil E1: Boite XYZ
00:21:55.720 - 00:21:59.680	Outil E1: Boite XYZ
00:22:53.440 - 00:22:54.680	Généralités: Réinitialiser
00:23:02.040 - 00:23:05.360	E2: Attends, non, c'est pas bon. On va arrêter avec ton...
00:23:06.600 - 00:23:09.560	Actions E1: Sélectionne l'outil "Cube"
00:23:08.080 - 00:23:11.560	E1: C'est pas un cube, c'est un rectangle!
00:23:14.000 - 00:23:20.000	Actions E1: Icosaèdre Outil E1: Polyèdre régulier: plan de base, centre, sommet
00:23:20.280 - 00:23:26.760	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:23:20.600 - 00:23:23.840	E2: Ouais ben c'est encore moins cette figure là...
00:23:23.760 - 00:23:25.160	E1: Ah ouï...
00:23:27.600 - 00:23:28.720	Généralités: Réinitialise
00:24:04.920 - 00:24:15.280	Actions E1: Trouve les symétries en parcourant les menus. Symétrique de O par rapport à c Outil E1: Symétrie centrale
00:24:06.520 - 00:24:07.720	E2: Symétrique
00:24:10.080 - 00:24:11.120	E1: Centrale...
00:24:12.160 - 00:24:14.520	E2: Symétrie centrale il va partir en bas!
00:24:14.680 - 00:24:18.160	E1: c... par rapport au point O! [problème d'utilisation de l'outil]
00:24:15.520 - 00:24:22.760	Actions E1: Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:24:19.000 - 00:24:27.360	E1: On a le centre du cube... Symétrique... tac... hop, à gauche... Ah non, mince.
00:24:23.400 - 00:24:25.720	Actions E1: de O par rapport à b Outil E1: Symétrie centrale
00:24:28.360 - 00:24:31.080	Outil E1: Annule
00:24:32.280 - 00:24:36.240	Actions E1: de b par rapport à O Outil E1: Symétrie centrale
00:24:35.360 - 00:24:36.680	E2: Non, de b O
00:24:37.120 - 00:24:41.040	Actions E1: de a par rapport à O Outil E1: Symétrie centrale
00:24:41.800 - 00:24:51.240	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:24:42.560 - 00:24:52.880	E1: Voilà. Déjà on a tous les points. Après, il faut faire tout simplement le symétrique de a par rapport au point c...
00:24:51.840 - 00:24:55.800	Actions E1: de b par rapport à c Outil E1: Symétrie centrale
00:24:56.360 - 00:24:56.400	E2: Mais il est où?
00:24:56.640 - 00:25:01.800	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:25:01.200 - 00:25:03.040	E2: Ah, il est parti en dessous!
00:25:04.320 - 00:25:11.280	Actions E1: supprime les points mal construits
00:25:28.440 - 00:25:40.560	Actions E1: Tente d'utiliser "translation": image de c par le vecteur ac Outil E1: Translation
00:25:31.480 - 00:25:36.680	E1: Translation du vecteur a...
00:25:41.240 - 00:25:50.760	E1: Voilà! Après c'est translation du vecteur... tac, tac...
00:25:42.320 - 00:25:49.920	Actions E1: Translation de c selon b'c Outil E1: Translation
00:25:51.560 - 00:25:59.320	Actions E1: translation de b selon bc Outil E1: Translation
00:26:00.000 - 00:26:04.240	Actions E1: de c selon a'c Outil E1: Translation
00:26:00.680 - 00:26:03.600	E1: Maintenant on fait...
00:26:06.720 - 00:26:13.120	E2: C'est bon là!
00:26:12.600 - 00:26:15.360	E1: Et voilà, on a tous les points de notre cube!
00:26:15.760 - 00:26:22.800	E2: Vérifie la distance avec c Entre O et le point du...
00:26:20.800 - 00:26:23.560	Actions E1: b'b'' Outil E1: Distance: deux points
00:26:23.800 - 00:26:25.160	E2: Non! Entre ça et ça!
00:26:24.360 - 00:26:26.280	Actions E1: aa'' Outil E1: Distance: deux points
00:26:26.360 - 00:26:27.240	E1: 3.1...
00:26:27.520 - 00:26:28.880	Actions E1: bb'' Outil E1: Distance: deux points
00:26:27.720 - 00:26:28.240	E2: Ah ouais.
00:26:28.320 - 00:26:29.440	E1: 3.1
00:26:29.920 - 00:26:31.520	Actions E1: a'a'' Outil E1: Distance: deux points
00:26:31.000 - 00:26:32.040	E1: 3.1
00:26:32.120 - 00:26:35.560	Actions E1: Ob' Outil E1: Distance: deux points
00:26:36.040 - 00:26:37.040	E1: 2
00:26:37.320 - 00:26:40.520	Actions E1: Oa Outil E1: Distance: deux points
00:26:41.080 - 00:26:53.560	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:26:54.440 - 00:27:01.720	Actions E1: Oa' Outil E1: Distance: deux points
00:27:02.600 - 00:27:03.800	E1: 1.9
00:27:03.160 - 00:27:06.320	Actions E1: Ob
00:27:06.360 - 00:27:07.320	E2: 2!
00:27:07.960 - 00:27:11.960	E1: Et 2 Je me suis gouré pour les points b!
00:27:08.600 - 00:27:16.400	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:27:11.680 - 00:27:13.240	E2: On avait mis combien sur l'autre?
00:27:13.960 - 00:27:16.200	E1: ah mais c'est normal qu'il y ait 1.9 et 2!



00:27:16.720 - 00:27:18.160	E1: Bon, là c'est 1.9 et 2?
00:27:18.400 - 00:27:19.000	E2: Ouais.
00:27:19.520 - 00:27:21.360	E1: Maintenant on fait la boîte...
00:27:22.440 - 00:27:24.080	E2: La boîte?
00:27:23.040 - 00:27:35.160	Actions E1: Tente d'utiliser l'outil boîte: échec. Outil E1: Boîte XYZ
00:27:24.160 - 00:27:25.400	E1: Boîte XYZ
00:27:25.760 - 00:27:27.880	E2: il faut que tu prennes...
00:27:35.400 - 00:27:39.080	E2: Viens on fait des segments! Ca te donne un cube aussi.
00:27:44.760 - 00:28:54.160	Actions E1: Construit tous les segments Outil E1: Segment: à partir de deux points
00:28:43.040 - 00:28:45.000	E2: Fais bouger le point c.
00:28:57.240 - 00:29:01.440	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:29:02.040 - 00:29:07.160	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:29:07.040 - 00:29:13.720	E1: T'as vu, ça marche! Et lorsqu'on bouge le point a...
00:29:10.600 - 00:29:16.040	Actions E1: Tente de déplacer a': échec Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:29:13.120 - 00:29:14.920	E2: T'as fait son symétrique, ça bouge.
00:29:16.400 - 00:29:20.040	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet
00:29:18.200 - 00:29:20.120	Généralités: [autre groupe] Ben oui, mais une symétrie quoi?
00:29:20.280 - 00:29:22.440	E1: Regarde, ça marche!
00:29:21.120 - 00:29:23.240	E2: Ben le... avec un point...
00:29:23.640 - 00:29:25.680	Généralités: [autre groupe] C'est une symétrie centrale!
00:31:21.520 - 00:31:23.440	Généralités: [autre groupe] C'est une symétrie centrale.
00:31:23.960 - 00:31:24.720	E2: Axiale.
00:31:25.600 - 00:31:26.120	E1: Centrale.
00:31:40.400 - 00:31:58.720	Enseignant(e): Vous ça donne quoi? [déplace c] D'accord. C'est bon celui-là, vous êtes arrivés au bout. Maintenant, vous avez figure 2 et 3, et puis il faut que vous m'expliquiez... Passez aux figures 2 et 3.
00:32:17.080 - 00:32:18.680	Généralités: Fig.2
00:32:19.300 - 00:32:52.900	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:32:21.320 - 00:32:28.200	E1: Oh oui! Oh ben alors celle-là...
00:32:52.200 - 00:32:55.000	Généralités: Reconstruction 2
00:32:55.600 - 00:33:09.900	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:33:09.300 - 00:33:12.100	Généralités: Fig.2.
00:33:11.100 - 00:33:18.900	Actions E1: aa" Outil E1: Distance: deux points
00:33:17.800 - 00:33:21.100	E1: Oh il faut tout recommencer!
00:33:26.700 - 00:33:34.500	Actions E1: bb" Outil E1: Distance: deux points
00:33:36.100 - 00:33:41.700	Actions E1: b"a" Outil E1: Distance: deux points
00:33:43.000 - 00:33:47.100	Actions E1: a"b" Outil E1: Distance: deux points
00:33:48.000 - 00:33:56.400	Actions E1: ab' Outil E1: Distance: deux points
00:34:06.100 - 00:34:10.700	Généralités: Réinitialise
00:34:11.300 - 00:34:16.900	E2: Attends il faut que je regarde un truc...
00:34:15.400 - 00:34:17.600	Actions E2: de a' au symétrique de b' par rapport à a' Outil E2: Distance: deux points
00:34:18.800 - 00:34:22.000	E2: Ok, d'accord.
00:34:23.360 - 00:34:26.160	Généralités: Reconstruction 2
00:34:26.660 - 00:34:28.160	E1: C'est simple, là!
00:34:27.360 - 00:34:28.960	E2: Oui.
00:34:30.360 - 00:34:36.360	E1: Symétrique. Symétrique! de O par rapport à c!
00:34:31.660 - 00:34:35.060	Actions E2: de a par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:34:36.460 - 00:34:38.060	E2: Ok...
00:34:37.360 - 00:34:41.760	Actions E2: de b par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:34:42.560 - 00:34:46.960	Actions E2: de O, par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:34:45.060 - 00:34:46.160	E1: c, O
00:34:49.460 - 00:34:51.360	E1: O, b
00:34:55.660 - 00:35:02.060	Actions E2: de b, par rapport à O Outil E2: Symétrie centrale
00:35:02.660 - 00:35:05.660	Actions E2: de a, par rapport à O Outil E2: Symétrie centrale
00:35:04.860 - 00:35:06.760	E1: Et O, a
00:35:07.460 - 00:35:14.460	Actions E2: de b' par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:35:08.060 - 00:35:13.160	E1: Tu peux faire, maintenant, c, tacl!
00:35:13.760 - 00:35:16.260	E1: Non: c et tacl!
00:35:14.860 - 00:35:17.960	Actions E2: de a' par rapport à c Outil E2: Symétrie centrale
00:35:18.360 - 00:35:22.060	E1: Voilà, et c et... Tu crées le cube.
00:35:21.060 - 00:35:22.860	E2: Voilà...
00:35:23.860 - 00:36:19.060	Actions E2: Trace les arêtes Outil E2: Segment: à partir de deux points
00:35:25.160 - 00:35:27.360	E2: Ah, les segments...
00:36:25.960 - 00:36:29.260	Généralités: Fig.2
00:36:30.160 - 00:36:32.460	Généralités: Reconstruction 2
00:36:34.000 - 00:36:40.600	Actions E2: Tente de construire la suite par symétrie Outil E2: Symétrie centrale
00:36:41.500 - 00:36:47.900	E2: Euh... Ah oui, là c'est compliqué ce truc là
00:36:46.100 - 00:36:50.200	E1: Mais non, regarde, là tu fais ça...
00:36:51.500 - 00:36:55.300	Actions E1: de b", par rapport à b' Outil E1: Symétrie centrale
00:36:52.400 - 00:36:57.600	E1: Symétrie, de ce point, par rapport à ce point! Eh ben il est...
00:36:56.100 - 00:37:00.600	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:36:58.200 - 00:36:59.700	E2: Ouais, en dessous.
00:36:59.800 - 00:37:01.400	E1: En dessous, voilà!
00:37:01.000 - 00:37:05.800	E2: Il y a beaucoup de points. Tu peux pas faire "symétrie d'un segment"? Ca sera plus rapide.
00:37:03.800 - 00:37:07.000	E1: Mais non, après tu fais...
00:37:04.200 - 00:37:07.700	Actions E1: de a", par rapport à a: mauvaise construction. Outil E1: Symétrie centrale
00:37:07.400 - 00:37:09.500	E1: Non?
00:37:12.200 - 00:37:31.600	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:37:13.600 - 00:37:25.500	E2: Il y a un truc qui ne va pas, non? Non, t'as pas pris les bons! Mais t'es bête, c'est par rapport à celui-là! Ils sont tous par rapport à celui-là!
00:37:26.100 - 00:37:29.700	E1: Ah oui mince.
00:37:32.600 - 00:37:34.100	E1: Ah en fait il faut tout centrer par rapport à O!
00:37:36.500 - 00:37:42.600	E2: Regarde si on peut pas...
00:37:49.700 - 00:37:54.400	E2: Regarde si on peut pas faire le symétrique d'un segment.
00:37:54.600 - 00:37:57.300	E1: Ah oui pas bête.
00:38:00.700 - 00:38:10.600	Actions E1: de [bb"], par rapport à O Outil E1: Symétrie centrale
00:38:09.800 - 00:38:13.300	E2: Ah ça marche!
00:38:14.700 - 00:38:24.600	Actions E1: de [aa"], par rapport à O Outil E1: Symétrie centrale
00:38:17.700 - 00:38:20.500	E2: C'est plus pratique que de prendre point par point...
00:38:23.000 - 00:38:26.800	E1: Non, c'est pas par rapport à là, mince!
00:38:26.000 - 00:38:30.800	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue
00:38:27.100 - 00:38:29.100	E2: Par rapport à là!
00:38:29.700 - 00:38:31.700	E1: Attends. Ah oui, mince.



00:38:31.700 - 00:38:33.700	Actions E1: de [aa"], par rapport à b' Outil E1: Symétrie centrale	
00:38:36.800 - 00:38:38.800	Actions E1: de [a'a"], par rapport à b' Outil E1: Symétrie centrale	
00:38:39.720 - 00:38:48.080	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:38:45.720 - 00:38:48.080	E1: Tu as raison!	
00:38:47.440 - 00:38:49.200	E2: il y en a un, là, en trop...	
00:38:49.920 - 00:38:54.720	Actions E1: Supprime le segment mal construit.	
00:39:02.360 - 00:39:11.840	E1: Et maintenant on n'a pas fait le symétrique de... ce segment, par rapport à ce point.	
00:39:04.880 - 00:39:08.800	Actions E1: de [bb"], par rapport à b'	
00:39:12.360 - 00:39:14.040	E2: Il faut que tu fasses tous les carrés, là.	
00:39:14.560 - 00:39:17.480	E1: Et maintenant on n'a plus qu'à reproduire tous ces cubes.	
00:39:17.960 - 00:39:19.320	E2: Et pourquoi tu fais pas les symétriques?	
00:39:24.120 - 00:39:30.320	E1: Ah pas bête. Donc, symétrique de ce segment par rapport à ce point...	
00:39:26.120 - 00:39:55.720	Actions E1: Construit les arêtes manquantes par symétries par rapport à c Outil E1: Symétrie centrale	
00:39:56.240 - 00:40:01.400	Outil E1: Manipulation: changement de point de vue	
00:40:01.760 - 00:40:05.960	E1: Bon, et maintenant c'est l'heure de vérité: normalement...	
00:40:06.040 - 00:40:07.240	Actions E1: Tente de déplacer b': échec. Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:40:07.640 - 00:40:08.640	E1: Si on prend ce point... Ah, ça marche pas!	
00:40:09.280 - 00:40:28.400	Actions E1: c Outil E1: Manipulation: déplacement sur objet	
00:40:10.200 - 00:40:14.800	E1: Ah, oui, ça marche! C'est bon, regarde, on peut faire [???	
00:40:46.560 - 00:40:50.280	E1: Fais la notice!	